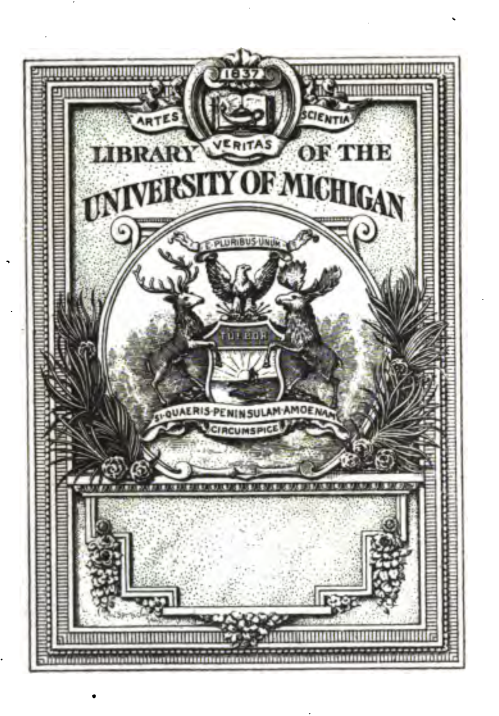
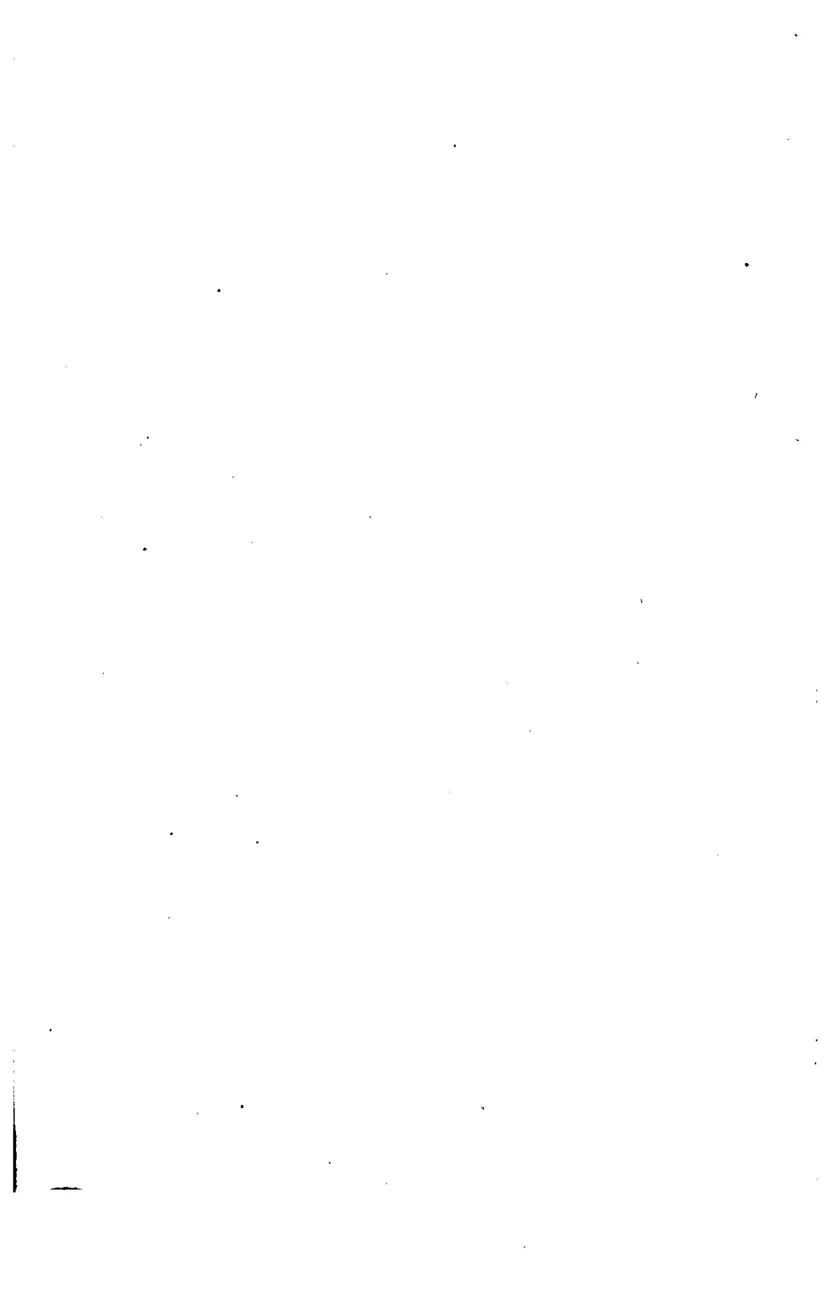

1837
ARTES
SCIENTIA
VERITAS
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
E PLURIBUS UNUM
TUEBOR
SI QUAERIS PENINSULAM AMOENAM
CIRCUMSPICE



Jahrbuch

der

Erfindungen

und

Fortschritte auf den Gebieten

der

Physik und Chemie, der Technologie und Mechanik, der Astronomie und Meteorologie.

Herausgegeben von

Dr. H. Gretschel, Bergrath und Professor an der Bergakademie in Freiberg.

und

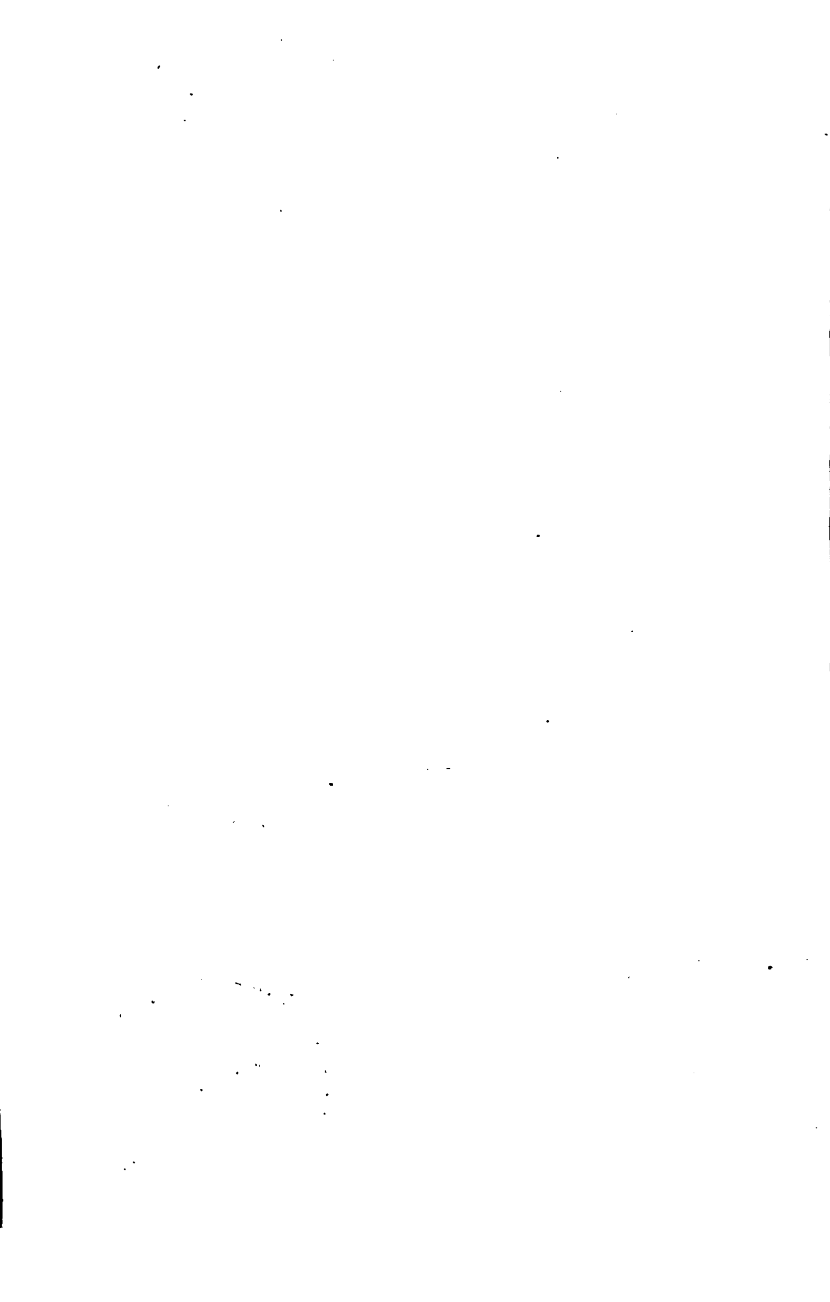
Dr. G. Bornemann, Lehrer der Chemie an den techn. Staatslehranstalten in Chemnitz.

Einundzwanzigster Jahrgang.



Mit 37 Holzschnitten im Text.

Leipzig
Verlag von Quandt & Händel.
1885.



Inhaltsübersicht.

Astronomie.

Physik und Meterologie.

Chemie und chemische Technologie.

Jahrbuch der Erfindungen.

I.

Astronomie.

Wenn eine Wissenschaft auf einer so hohen Stufe der Entwickelung angelangt ist wie die Astronomie, muß es von erhöhtem Interesse sein, diejenigen Aufgaben kennen zu lernen, denen die Jünger dieser Wissenschaft in der nächsten Zeit ihre Aufmerksamkeit zuzuwenden haben werden. Wir geben deshalb im Nachstehenden die Hauptgedanken eines Vortrages wieder, den der amerikanische Astronom Young [1]) auf der vorjährigen Versammlung der Amerikanischen Gesellschaft zur Förderung der Naturwissenschaften über schwebende Aufgaben der Astronomie gehalten hat.

Young bezeichnet als die nächstliegenden die Fragen nach der Gestalt und Größe der Erde, nach der Gleichförmigkeit ihrer täglichen Umdrehung und nach der unveränderlichen Lage ihrer Pole.

Im Ganzen dürfte wohl die Meinung vorherrschen, daß die Dimensionen der Erde genauer bekannt seien, als für astronomische Zwecke erforderlich ist. Nach der Versicherung des Superintendenten des „Nautical Almanac" ist aber die zur Zeit übrig bleibende Unsicherheit groß genug, um ernstliche Verlegenheit bezüglich der Reduction und Berechnung gewisser Mondbeobachtungen zu bereiten. Es ist beispielsweise die Entfernung zwischen der Marinesternwarte in Washington und der königlichen Sternwarte am Cap der Guten Hoffnung um mehrere tausend Fuß, vielleicht sogar um eine engl. Meile oder darüber,

1) „Pending problems of Astronomy", Address to the American Association for the Advancement of Science at Philadelphia, September 5, by C. A. Young, Professor of Astronomy at Princeton, retiring President of the Association. Nature XXX, p. 501.

unsicher; die Unsicherheit beträgt also hier ungefähr den zehntausendsten Theil der Entfernung, und in demselben Grade ist auch die Richtung dieser Linie zweifelhaft. Entfernungen auf dem Festlande, die man durch geodätische Triangulationen festgestellt hat, sind mit keinen so großen Unsicherheiten behaftet, und mit der weitern Ausbreitung der Triangulationsarbeiten werden wir auch die Formen und Dimensionen der Festlandmassen immer vollkommener kennen lernen. Bis jetzt besitzen wir aber kein Mittel, eine solche Genauigkeit zu erreichen bezüglich der Lage von Punkten, die durch den Ocean von einander getrennt sind und durch kein Dreiecksnetz verbunden werden können, und wahrscheinlich wird sich die Frage nach der gegenseitigen Lage der Orte auf verschiedenen Continenten erst dann genau beantworten lassen, wenn ganz Afrika und Asien, ebenso wie Europa und Amerika, mit einem Dreiecksnetz bedeckt und die Triangulation der Alten Welt mit der der Neuen über die Beringstraße verbunden sein wird.

Theoretisch ist es übrigens möglich, das Problem umzukehren: wenn die gegenseitige Lage von drei weit von einander entlegenen Sternwarten, etwa Greenwich, Madras und Cap der Guten Hoffnung, durch geodätische Triangulation ganz genau bestimmt ist, wenn dann von diesen drei Stationen aus nach vervollkommneten Methoden der Ort und die Bewegung des Mondes mit einer Genauigkeit bestimmt werden, die alles jetzt Mögliche weit übertrifft, und wenn gleichzeitig auf irgend einer amerikanischen Station dieselben Elemente beobachtet werden, so ist es theoretisch möglich die Lage dieser Station bezüglich jener Fundamentalstationen zu bestimmen und so vermittels des Mondes gleichsam den Ocean zu überbrücken. Natürlich ist jeder derartige Versuch mit den heutigen Mitteln der Beobachtungskunst aussichtslos; die astronomischen Beobachtungen dürften sich aber auch schon wesentlich verfeinert haben, ehe das asiatische und amerikanische Dreiecksnetz sich an der Beringstraße an einander schließen.

Unsere derzeitige Unkenntniß bezüglich der Dimensionen der Erde bereitet den Astronomen indessen nur rücksichtlich des Mondes merkliche Schwierigkeiten, namentlich wenn man Beobachtungen von entlegenen und durch das Weltmeer getrennten Orten zur Ermittelung der Mondparallaxe benutzen will.

Wichtiger noch und dringender ist für den Astronomen der Neuzeit die Frage nach der Unveränderlichkeit des Sterntages, mit andern Worten die Frage, ob und innerhalb welcher Grenzen die Rotationszeit der Erde veränderlich ist. Diese Rotationszeit ist nämlich die Einheit, nach welcher der Astronom die Zeit mißt. Jede Veränderung in der Gestalt und den Dimensionen der Erde muß aber aus mechanischen Gründen eine Aenderung ihrer Rotationszeit und damit der Tageslänge herbeiführen. Dahin gehören Veränderungen an der Oberfläche durch Erdbeben oder durch allmähliche Hebungen und Senkungen, ferner der Transport von Erd- und Steinmassen nach dem Aequator hin oder von ihm fort durch Flüsse und Meeresströmungen, die Anhäufung von Eismassen in den Polargegenden und auf den Gebirgen oder deren Fortführung, die durch die Fluthwelle und die Passatwinde verursachte Reibung u. dergl. m. Diese verschiedenen Wirkungen werden sich allerdings theilweise aufheben, und ihre Gesammtwirkung wird nur eine geringe sein. Dies schließt indessen nicht aus, daß wir sie wahrzunehmen vermögen.

Es sind aber, wie schon früher in diesem Jahrbuch (Jahrg. XV, S. 23—32) ausgeführt worden ist, gewisse Unregelmäßigkeiten in der scheinbaren Bewegung des Mondes, die eine Veränderung des Sterntages vermuthen lassen. Allerdings ist es auch möglich, daß unsere mathematische Theorie der Mondbewegung noch unvollkommen ist und die Bewegung des Mondes nicht genau darstellt, entweder weil noch nicht alle Gravitationswirkungen der Erde, der Sonne und der andern Himmelskörper gehörig in Rechnung gebracht sind, oder auch weil außer der Gravitation noch andere Kräfte auf die Mondbewegung von Einfluß sind.

Es ist daher nöthig, den Sterntag auf seine Unveränderlichkeit zu prüfen. Dies ist aber eine sehr schwierige Aufgabe, denn die Mondbewegung liefert uns zwar Gründe, diese Unveränderlichkeit in Zweifel zu ziehen, giebt aber keine Entscheidung, da die Abweichungen der Beobachtung von der Theorie ebensogut in der Unvollkommenheit der letzteren ihren Grund haben können. Zur Zeit bieten nun die Vorübergänge des Merkur vor der Sonne und die Verfinsterungen der Jupitersmonde die zuverlässigsten Mittel zu dieser Prüfung, und im

Ganzen wird es durch Newcomb's erschöpfende Discussion aller beobachteten Merkursdurchgänge, Finsternisse und Sternbedeckungen wahrscheinlich, daß der Sterntag wesentlich unveränderlich ist, und es erscheint als ziemlich gewiß, daß in der Mondbewegung Ungleichheiten, die durch die Gravitations-Theorie nicht erklärt werden, vorhanden sind, dergestalt, daß die mittlere Bewegung des Mondes in den Jahren 1800 bis 1875 langsamer war als von 1720 bis 1800. Dagegen muß freilich zugestanden werden, daß bis auf die neueste Zeit die Beobachtungen der Jupitersmonde nicht mit derjenigen Genauigkeit angestellt worden sind, die zur endgültigen Entscheidung einer so delicaten Frage nöthig ist; gegenwärtig aber werden ihre Finsternisse in Cambridge (Massachusetts) und anderwärts nach ungleich schärferen Methoden beobachtet; indessen darf man daraus nicht sobald eine Entscheidung dieser Frage erwarten, denn die Bewegung der Jupitersmonde ist infolge der abgeplatteten Form des Planeten und der gegenseitigen Anziehung der Monde eine sehr verwickelte und ihre mathematische Theorie noch keineswegs vollendet. Vielleicht wird dereinst der einsame, weit entfernte Mond des Neptun, welcher frei von allen Störungen ist, nützliche Beobachtungs-Data zur Entscheidung unserer Frage liefern.

Sollte sich herausstellen, daß der Sterntag veränderlich ist, so müßten sich die Astronomen nach einer neuen Zeiteinheit statt des Sterntags und der Secunde umsehen, nach einer Einheit, die unabhängig wäre von der Gestalt, Größe und Rotationszeit der Erde, und die nicht bloß auf unser Planetensystem, sondern ebenso gut auf die entferntesten Körper im Weltall anwendbar wäre. Gegenwärtig liegt, wie es scheint, dazu noch keine Nothwendigkeit vor; sicher aber kommt dereinst eine Zeit, in welcher die Genauigkeit der astronomischen Beobachtungen so gesteigert worden ist, daß man die kleinen Aenderungen in der Rotationsdauer der Erde nicht mehr unbeachtet lassen darf, und dann wird man für wissenschaftliche Zwecke eine neue Zeiteinheit anwenden müssen, die sich vielleicht auf die Schwingungen des Lichtes oder sonst auf eine im ganzen Weltall verbreitete physikalische Wirkung stützt.

Was die dritte Frage, die nach der Unveränderlichkeit der Lage der Erdachse anlangt, so ist von vorher-

ein klar, daß durch die Umsetzung größerer Massen auf der Oberfläche und im Innern unseres Planeten auch die Lage seiner Rotationsachse beeinflußt werden muß, wie schon vor längerer Zeit Carret und H. Darwin (der Jüngere) hervorgehoben haben. Der Erstere hat insbesondere aufmerksam gemacht auf die gewaltigen Erosionen, welche in der Nähe der Pole durch Gletscher bewirkt werden, und Darwin hat berechnet, daß durch Emporheben von $^1/_{20}$ der Erdoberfläche — etwas weniger als Afrika — bei gleichzeitiger Senkung anderer Theile eine Veränderung in der Lage der Pole von $1^3/_4{}^0$ hervorgebracht werden könnte. In früherer Zeit mögen die Pole um 10 bis 15° gewandert und wieder zurückgewandert sein, und vielleicht hat die Eiszeit von Europa und Nordamerika ihren Grund in derartigen Wanderungen. Mag es sich aber mit diesen von Darwin vermutheten vorgeschichtlichen Veränderungen der Lage der Pole verhalten wie es will, in der historischen Zeit sind jedenfalls die Verrückungen der Erdachse nur sehr unbedeutend, und es fragt sich, ob sie überhaupt wahrnehmbar sind. Dieselben müßten sich natürlich durch Aenderungen der geographischen Breite der Sternwarten kund geben. Würde z. B. der Nordpol um ungefähr 100 Fuß nach dem Festland von Europa hin verschoben, so müßte die Breite der europäischen Sternwarten, auf deren Meridian die Verschiebung stattfand, um eine Bogensecunde zunehmen, während an entlegeneren Orten keine Veränderungen bemerkbar sein würden. Nun hat in der That Nyrén bei Reduction der Breitenbestimmungen, die während eines Vierteljahrhunderts an dem großen Ertel'schen Verticalkreis in Pulkowa ausgeführt worden sind, Andeutungen einer allmählichen Verminderung der Breite um eine Secunde in hundert Jahren bemerkt, was einer Annäherung des Poles um einen Fuß jährlich entsprechen würde. Diese Frage ist von solcher Wichtigkeit, daß die im Herbst 1883 in Rom tagende Generalversammlung der Europäischen Gradmessung einem Antrage des Astronomen von Capodimonte in Neapel, Prof. Fergola, gemäß, Beobachtungen zu ihrer Entscheidung empfahl[1]). Fergola's Plan geht dahin, ver-

1) Verh. der siebenten allg. Conferenz der Europ. Gradmessung. Berlin 1884. S. 46, 101 u. f.

schiedene Paare von Sternwarten auszuwählen, die in der Breite nahezu übereinstimmen, aber wesentlich verschiedene Länge haben, wie

	Breiten-Differenz	Längenunterschied
Cap. d. Guten Hoffnung und Sydney	4′ 22″	8 Std. 51 Min.
Santjago und Windsor	9 47	9 „ 14 „
Rom und Chicago	3 53	6 „ 40 „
Neapel und Newyork	6 22	5 „ 53 „

An den beiden Sternwarten eines jeden Paares soll nun der Breitenunterschied ermittelt werden, indem mit gleichen Instrumenten eine längere Reihe von Jahren hindurch dieselben Sterne beobachtet und die Beobachtungen nach denselben Methoden reducirt werden. Auch sollen womöglich dieselben Beobachter längere Zeit hindurch thätig bleiben und dabei öfters die Stationen wechseln, um die persönlichen Fehler zu eliminiren.

Andere auf unsere Erde bezügliche Probleme, wie die Frage nach der Temperatur und dem Aggregatzustand des Innern, haben zwar auch astronomisches Interesse; doch übergeht sie Young als an der Grenze der Wissenschaft gelegen und wendet sich zu den Fragen, die sich auf den Mond beziehen. Ein Theil von ihnen ist rein mathematischer Natur und hat es mit der Bewegung des Mondes in seiner Bahn zu thun; andere sind physikalischer Natur und beziehen sich auf die Oberfläche desselben, seine Atmosphäre, Temperatur &c.

Wie schon erwähnt, befindet sich die Theorie der Mondbewegung noch nicht in Uebereinstimmung mit den Beobachtungen und entweder kommen bei dieser Bewegung noch andere Kräfte außer der Schwerkraft ins Spiel, oder, was im Ganzen viel wahrscheinlicher ist, die mathematische Theorie ist noch mangelhaft. Die Aufgabe, die Bewegungen mehrerer Körper zu finden, die sich im directen Verhältniß ihrer Massen und im umgekehrten Verhältniß des Quadrats der Entfernung anziehen und von denen wir die Massen, sowie die Orte und Geschwindigkeiten in einem gegebenen Augenblicke kennen, ist sehr leicht lösbar, und die Lösungsmethoden sind seit zwei Jahrhunderten in unserem Besitz, wenn es sich blos um zwei Körper handelt. Schon für drei Körper aber vermag unsere Analysis das Problem nicht mehr direct zu bewältigen und

man muß sich mit näherungsweisen Berechnungen begnügen. Young ist der Ansicht, daß uns hier vielleicht ein neues Hilfsmittel fehlt, dessen Einführung an Tragweite etwa vergleichbar sein wird der Einführung der Kreisfunctionen in die Trigonometrie, der Erfindung der Logarithmen oder der Schöpfung des Infinitesimal-Calculs. Wenn wir einmal dieses ersehnte Hilfsmittel besitzen werden, dann werden wir Fortschritte machen, als wären uns Schwingen gewachsen; wir werden fliegen, während wir jetzt kriechen.

Unter den physikalischen Problemen, die uns der Mond darbietet, scheint gegenwärtig die Frage nach den Licht- und Wärmestrahlen die er uns zusendet, und nach seiner Temperatur am meisten Anziehungskraft auszuüben, hauptsächlich deshalb, weil die Resultate der neuesten Forscher den von ihren Vorgängern vor wenig Jahren erhaltenen zu widersprechen scheinen. Es hat jetzt den Anschein, als seien nahezu alle Strahlen, die wir vom Mond erhalten, reflectirtes Sonnenlicht und reflectirte Sonnenwärme und als erhebe sich die Temperatur seiner Oberfläche nirgend über den Gefrierpunkt des Wassers oder selbst des Quecksilbers.

In engerem Zusammenhang damit steht das Problem der Mondatmosphäre. (Vgl. dieses Jahrb. XIV, S. 12).

Nicht geringes Interesse erregt die Frage nach Veränderungen auf der Mondoberfläche. Wenn man unsere heutigen Fernrohre mit denen vor fünfzig Jahren vergleicht, so ist leicht einzusehen, daß Verschiedenheiten in der Darstellung älterer und neuerer Beobachter noch nicht ausreichen zum Nachweis von Veränderungen auf der Mondoberfläche. Sie machen solche aber wahrscheinlich und fordern auf zu einem andauernden, sorgfältigen und genauen Studium aller Einzelheiten der Mondoberfläche mit mächtigen Instrumenten und insbesondere zu photographischen Aufnahmen derselben in großem Maßstabe, um für spätere Vergleichungen sichere Grundlagen zu erhalten.

Im Planetensystem begegnen wir im Wesentlichen denselben Problemen wie beim Monde; doch ist durch die Arbeiten von Leverrier, Hill, Newcomb u. a. die Theorie der Planetenbewegung soweit vervollkommnet worden, daß mehrere Jahrzehnte nöthig sein werden, um merkliche Abweichungen zwischen ihr und den Beobachtungen nachzuweisen. Eine auf-

fallende Abweichung von der allgemeinen Regel hat indessen Leverrier vor länger als dreißig Jahren nachgewiesen: das Perihel des Merkur, des sonnennächsten Planeten, hat eine raschere Bewegung um die Sonne, als durch die Einwirkung der andern bekannten Planeten erklärt werden kann. Diese Thatsache ist auch durch die neuere Discussion der Merkursdurchgänge von Newcomb bestätigt worden. Leverrier hat sie bis zu seinem Tode als Wirkung eines oder mehrerer unbekannter Planeten zwischen Sonne und Merkur betrachtet; doch ist trotz mehrfacher Berichte über Beobachtung derartiger Körper die Existenz eines größern Planeten innerhalb der Merkursbahn im hohen Grade unwahrscheinlich. Mehr Wahrscheinlichkeit würde ein Ring von meteorischen Massen für sich haben; indessen müßte ein solcher nach Newcomb auch die Knoten der Merkursbahn stören. Man hat außerdem auch die Ursache der Beschleunigung des Merkur-Perihels in der Vertheilung der Masse im Sonnenkörper gesucht, ferner in einer Abweichung der Gravitationswirkung vom Gesetz des umgekehrten Quadrats der Entfernung, auch in einer elektrischen oder magnetischen Wirkung der Sonne oder in sonst einem Einflusse ihrer Strahlen, der sich wegen der Nähe des Planeten geltend macht, endlich auch in dem Zustand der sonnennahen Region, in der Merkur sich bewegt. Eine zufriedenstellende Erklärung fehlt zur Zeit noch.

Bezüglich der noch unbekannten Planeten ist die Nachforschung nach den noch übrigen Gliedern der Planetoidengruppe fortzusetzen, obgleich die Zahl der bekannten schon jetzt unbequem groß geworden ist. Wir werden aber vielleicht durch diese kleinen Weltkörper ebensoviel Aufschluß über die Constitution und Genesis unseres Sonnensystems erhalten, als durch die größeren Planeten, und die rechnende Astronomie wird voraussichtlich durch die Nothwendigkeit, die Einwirkungen des Jupiter und Saturn auf diese Gruppe zu bestimmen, Anregung zu rascherer Ausbildung erhalten.

Auch ist die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, daß beim Suchen nach diesen kleinen Planeten einmal ein größerer Weltkörper entdeckt wird, der weit jenseits der jetzt bekannten äußersten Grenzen unserer Planetenfamilie langsam in seiner einsamen Bahn dahin geht. Die Beschaffenheit mancher Kometenbahnen sowie auch gewisse unbedeutende Besonderheiten in der Be-

wegung des Neptun sind auf einem solchen transneptunischen Planeten gedeutet worden, und Nichts spricht gegen die Existenz eines solchen.

Was nun die Rotation und Oberflächenbeschaffenheit der einzelnen Planeten anlangt, so spottet Merkur noch aller unserer Versuche, seine Tageslänge zu bestimmen, und auch über die physische Beschaffenheit seiner Oberfläche ist uns Nichts bekannt.

Etwas besser sind wir über die Venus unterrichtet: ihre Rotationszeit ist mit einiger Sicherheit bekannt und die Beobachtungen der letzten Zeit geben Aussicht auf eine genaue Bestimmung der Pole, und vielleicht werden wir auch über ihre Berge, Continente und Meere etwas erfahren.

Es würde voreilig sein, wollte man behaupten, daß wir beim Mars an der Grenze der uns zugänglichen Kenntnisse bezüglich seiner Oberfläche angelangt seien; aber die Hauptzüge sind festgestellt.

Bei den Planetoiden sind wir noch ganz ohne Kenntniß über ihre physische Beschaffenheit; und doch würde es, wie Young betont, ein helles Licht auf die Zustände in dieser Region des Planetensystems werfen und von großem Nutzen für den Aufbau einer physikalischen Theorie des Sonnensystems sein, wenn wir über über die Substanz, Gestalt, Dichte, Rotation, Temperatur und andere physische Merkmale dieser „kleinen Waisen" unter den Planeten etwas erfahren könnten.

Aufgaben vom höchsten Interesse bietet uns der Jupiter. In den schönen und mannigfaltigen Erscheinungen auf seiner Oberfläche finden wir Anklänge einerseits an die heimischen Zustände auf der Erde, andererseits an die geheimnißvollen Vorgänge auf der Sonne. Sicher vermag keine Analogie mit den Vorgängen in der Erdatmosphäre allein die merkwürdigen Phänomene zu erklären, die wir auf der Scheibe des Jupiter wahrnehmen, und einige derselben, wie die Verschiedenheit der Rotationszeit von Flecken in verschiedenen Breiten, sind vollständig den Verhältnissen auf der Sonne ähnlich. Der große rothe Fleck, der nach mehrjähriger Sichtbarkeit verschwunden, ist noch immer ein ungelöstes Räthsel.

Nicht minder genaue Beobachtung verdienen auch die Monde des Jupiter, besonders ihre Verfinsterungen. Sie bieten uns ein Mittel zur Bestimmung der Zeit, die das Licht braucht,

um den Durchmesser der Erdbahn zu durchlaufen, und damit zur Bestimmung der Sonnenparallaxe, wie nicht minder zur Prüfung der Unveränderlichkeit des Sterntages. Durch Benutzung der photometrischen Methode, die zuerst von Professor Pickering in Washington 1878 angewandt wurde, haben die Finsternißbeobachtungen bedeutend an Schärfe gewonnen.

Wesentlich dieselben Probleme wie Jupiter bietet uns auch Saturn dar, nur sind die Erscheinungen auf seiner Oberfläche und in seiner Atmosphäre weniger auffallend und schwieriger zu beobachten. Außerdem aber zeigt uns dieser Planet noch die prachtvollen Ringe, die uns aller Wahrscheinlichkeit nach ein Abbild der Entstehung des Sonnensystems vor Augen führen. Von Tage zu Tage wird es gewisser, daß diese Wolken kleiner kosmischer Körper beständigen Veränderungen in der Gestalt und Dichtigkeit ihrer Theile unterworfen sind, und Young wünscht daher, daß jeder, der ein gutes Teleskop, ein scharfes Auge und eine nicht zu rege Phantasie besitzt, die Erscheinungen dieser Ringe genau verfolgen und gewissenhaft aufzeichnen möge, was er gesehen; dann würden uns vielleicht die nächsten Jahrzehnte interessante Aufschlüsse über den Gürtel des alten Chronos bringen.

Bei den beiden äußersten Planeten, Uranus und Neptun, waren bis jetzt alle Versuche ihre Oberfläche und physische Beschaffenheit zu studiren vergeblich. Ihre eigene Bewegung und die ihrer Monde ist allerdings bearbeitet worden, es bleibt aber noch die Untersuchung ihrer Rotation, Topographie und atmosphärischen Zustände übrig. Trotz der großen Entfernung und schwachen Beleuchtung haben doch in den letzten Jahren einige unserer kräftigsten Teleskope auf dem Uranus Spuren von Streifen und Flecken gezeigt; es bleibt daher immer noch einige Aussicht, selbst diesen weit entfernten Planeten dereinst genauer kennen zu lernen, und vielleicht geben uns die Fernrohre der Zukunft einmal ähnliche Bilder des Neptun wie unsere jetzigen vom Jupiter.

Young wendet sich nun zu der Frage nach den absoluten Dimensionen unseres Sonnensystems, also zu der Frage nach der Größe der Sonnenparallaxe. Fehler verschiedener Art, theilweise unbekannten Ursprungs, scheinen den verschiedenen Bestimmungsmethoden anzuhaften: Während Versuche über die

Lichtgeschwindigkeit und heliometrische Messungen der Ortsveränderungen des Mars unter den Sternen übereinstimmend eine kleinere Parallaxe ergeben als durch die Beobachtungen der letzten Venusdurchgänge angezeigt ist, deuten andererseits alle Meridianbeobachtungen des Mars auf einen größern Werth. Der fundamentalen Wichtigkeit dieses Problems wegen werden aber die Astronomen immer bemüht sein müssen, die Genauigkeit der Parallaxenbestimmung zu steigern und den erhaltenen Werth mittels jeder etwa neu gefundenen Methode zu prüfen und zu berichtigen.

Was die Sonne selbst anlangt, so sind allerdings ihre Masse, Dimensionen und Bewegungen ziemlich genau bekannt; aber hinsichtlich ihrer Constitution, der Ursache der Erscheinungen auf ihrer Oberfläche, der Periodicität der Flecken, der Erhaltung der Wärme, ihrer Temperatur, der Ausdehnung ihrer Atmosphäre und der Natur der Corona, treffen wir auf die größte Verschiedenheit der Meinungen. Die Schwierigkeit aller derartiger Fragen wird wesentlich bedingt durch die große Verschiedenheit zwischen den Zuständen auf der Sonne und denen, die wir in unseren Laboratorien erzeugen können. Manchmal gelingt es uns, eine genügende Uebereinstimmung der Bedingungen herzustellen, um eine Grundlage für die Speculation zu gewinnen; aber die Verschiedenheit bleibt in der Regel doch so groß, daß alle quantitativen Bestimmungen unsicher werden. So können wir mit ziemlicher Zuversicht die Anwesenheit von Eisen, Wasserstoff und andern Elementen auf der Sonne behaupten auf Grund von Erscheinungen, die wir auf der Erde nachzuahmen vermögen; wir dürfen aber nicht empirische Formeln, wie z. B. die von Dulong und Petit, welche aus Laboratoriumversuchen abgeleitet sind, zur Bestimmung der Temperatur der Sonne benutzen.

Bezüglich der Theorien über die Constitution der Sonne hält Young diejenige für die richtige, welche diesen Körper als eine stark erhitzte Dampf- und Gaskugel betrachtet, die bedeckt ist mit einer Hülle hell leuchtender Wolken, welche sich durch Verdichtung flüchtiger Substanzen zu Tropfen und Krystallen, unserem Regen und Schnee ähnlich, gebildet haben. Doch wird diese Hypothese von bedeutenden Autoritäten in Zweifel gezogen, welche mit Kirchhoff und Zöllner be-

haupten, daß die sichtbare Photosphäre keine bloße Wolkenschicht sei, sondern eher eine feste Kruste oder ein flüssiger Ocean von geschmolzenem Metall.

Sowie die Constitution des Sonnenkörpers noch nicht sicher bekannt ist, so sind wir auch über die Bedingungen der dieselbe zusammensetzenden Stoffe noch im Unklaren und wissen nicht, ob sich dort Eisen, Natrium, Wasserstoff ꝛc. in demselben Zustande befinden, wie auf der Erde oder in einem mehr elementaren.

Weiterhin macht Young darauf aufmerksam, daß keine der aufgestellten Theorien über die Constitution der Sonne auch nur alle Erscheinungen an den Sonnenflecken befriedigend zu erklären vermag. Beständig beobachten wir Phänomene, die, wenn sie auch nicht geradezu den vorherrschenden Ideen widersprechen, in ihnen wenigstens nicht leicht eine Erklärung finden. Dem bloßen Augenschein nach ist es wohl am nächstliegenden, in den Flecken von unten emporsteigende dunkle Schlackenmassen zu sehen, die in dem blendenden Gluthmeer der Photosphäre schwimmen, welches sie theilweis überfluthet und mit einer dünnen Schicht überdeckt, bis sie schließlich darin untersinken und wieder aufgelöst werden. Schwerlich machen sie den Eindruck bloßer Oeffnungen, die mit kühlern Dämpfen gefüllt sind, oder einer von oben gesehenen Cyklone. Andererseits ist aber ihr Spectrum bei großer Dispersion durchaus verschieden von dem einer festen glühenden Schlacke sowie von allen bisher durch Laboratoriumversuche erhaltenen Spectren indem es zahllose feine dunkle Linien enthält, die dicht bei einander liegen und zwischen denen sich hie und da eine helle Linie oder mindestens ein breiterer heller Zwischenraum befindet. Dieses Spectrum scheint zur Classe der Absorptionsspectren zu gehören, und Young ist der Ansicht, daß die Flecke dunkel erscheinen infolge von Lichtabsorption, nicht weil sie ursprünglich weniger Licht aussenden.

Auch die eigenthümliche Rotation der Sonne mit beschleunigter Bewegung in der Aequatorregion ist ein noch nicht sicher gelöstes Problem, das übrigens auf dem Jupiter sein Analogon hat (vgl. dieses Jahrb. XVIII, S. 66). Im Uebrigen hält Young es für wahrscheinlich, daß diese Erscheinung eine Folge des Massenaustausches ist, der zwischen dem Innern

und der Oberfläche des in der Abkühlung begriffenen Balles stattfindet, wie dies schon vor längerer Zeit von Zöllner näher auseinander gesetzt worden ist (vgl. dieses Jahrb. VII, S. 24). Young macht außerdem noch darauf aufmerksam, daß die Wolken unserer Atmosphäre einem Beobachter etwa auf dem Monde einen gerade entgegengesetzten Anblick darbieten würden, indem die äquatorialen ihren Umlauf langsamer vollenden als solche in höheren Breiten. Im Allgemeinen werden wohl die Erscheinungen der atmosphärischen Ströme bei einem Planeten verschieden sein, je nachdem derselbe seine Wärme überwiegend von außen oder von innen empfängt.

Unter den Fragen, welche die Periodicität der Sonnenflecke anregt, ist gegenwärtig die nach dem Einfluß, den sie möglicherweise auf die Erde und ihre Bewohner übt, eine der am häufigsten erörterten. Im Bezug darauf bringt Young eine wohl noch zu wenig beachtete Bemerkung von Gould in Erinnerung: Wenn ein solcher Einfluß besteht, was noch nicht sicher ist, so wird er sich wahrscheinlich in verschiedenen Gegenden der Erde in ganz verschiedener Weise äußern; denn die nächste Wirkung einer Aenderung in der Größe der Sonnenstrahlung wird in einer Aenderung und Ablenkung der herrschenden Winde bestehen, wodurch die Vertheilung der Wärme und der Niederschläge eine andere wird. In manchen Gegenden kann es daher während eines Flecken-Maximums wärmer und trockener sein, während in andern das Gegentheil der Fall ist.

Als eine der wichtigsten Aufgaben bezeichnet Young die Angabe von Apparaten und Methoden zur genauen Beobachtung der täglichen und stündlichen Aenderungen der Sonnenstrahlung. Vielleicht ließen sich schon mit den bereits vorhandenen Instrumenten Resultate von höchstem Werth erhalten, wenn man mehrere Jahre hindurch sorgfältige Beobachtungen auf den Gipfeln einiger regenlosen Berge anstellen könnte.

Young gedenkt alsdann des thatsächlich erwiesenen, aber noch nicht erklärten Zusammenhanges zwischen der Thätigkeit auf der Sonnenoberfläche und den magnetischen Störungen auf der Erde; vielleicht, so meint er, ist derselbe begründet in dem Vorwalten von Eisen auf der Sonne, oder auch in der Art und Weise der Fortpflanzung von Licht- und Wärme-

strahlen durch den interplanetaren Raum, sodaß er sich als eine Folgerung aus der elektromagnetischen Lichttheorie ergiebt.

Von den Problemen, welche die Chromosphäre und Protuberanzen darbieten, sind namentlich die spectroskopischen Erscheinungen auf dem Grunde der Chromosphäre, und besonders die sonderbaren Verschiedenheiten im Verhalten mancher Spectrallinien, die irdischen Beobachtungen zufolge einem und demselben Körper angehören, von hohem Interesse. Von zwei Linien, beispielsweise des Eisens, die im Spectrum neben einander liegen, leuchtet die eine hell, während die andere dunkel bleibt; oder die eine wird gebogen und gebrochen, wahrscheinlich infolge der raschen Bewegung der Eisendämpfe, während die andere geradlinig bleibt. Für diese Erscheinungen fehlt uns noch die Erklärung, denn Lockyer's Hypothese, daß in der hohen Temperatur der Sonne und der Fixsterne unsere sogenannten chemischen Elemente in noch elementarere Bestandtheile zerlegt auftreten, ermangelt noch des Beweises und hat in letzterer Zeit an Wahrscheinlichkeit verloren. Wahrscheinlich ist das Spectrum von Metalldämpfen nicht blos von der chemischen Natur der Dämpfe abhängig, sondern auch von ihren physikalischen Bedingungen, daher auch in verschiedenen Höhen der Sonnenatmosphäre das Spectrum des Eisens bezüglich der Sichtbarkeit der einzelnen Linien ein sehr verschiedenes sein kann; bei einer Störung des Eisendampfes werden dann nur diejenigen Eisenlinien gebogen oder umgekehrt werden, die für den jeweiligen Zustand charakteristisch sind.

Bezüglich der Corona gedenkt Young der befremdenden Beobachtungen von Prof. Hastings. Während es Huggins, und ebenso schon vorher Dr. Lohse in Potsdam, gelungen ist, die Corona bei vollem Sonnenschein zu photographiren und so ihre reelle Existenz als eine ungeheuere Hülle der Sonne zu constatiren, hat Hastings während der totalen Sonnenfinsterniß 1883 im Pacifischen Ocean verschiedenene Erscheinungen bemerkt, welche ihn zu dem Schlusse führen, daß die Corona ein rein optisches, durch Diffraction des Lichtes am Mondrand hervorgerufenes Phänomen sei. Offenbar legt aber Young diesen Beobachtungen kein zu großes Gewicht bei, denn er betont ausdrücklich, daß die Existenz einer ausgebreiteten Hülle um die Sonne durch mancherlei Erscheinungen, namentlich

durch die Bildung hell leuchtender Wolken glühenden Wasserstoffs in großer Höhe, sowie durch die Formen und Bewegungen der höchsten Protuberanzen, wahrscheinlich gemacht werde. Vielleicht meint er, kommen bei der Bildung der Corona, ebenso wie bei den Kometen, noch andere Kräfte außer der Schwere, der Wärme und Elasticität der Gase in Betracht.

Bezüglich der hochwichtigen Frage nach der Wärme der Sonne, ihrer Erhaltung und ihrer Dauer findet Young die Helmholtz'sche Theorie, welche die lange Dauer durch die Langsamkeit der Contraction der Sonnenkugel erklärt, ganz ansprechend. Der wichtigste Einwand gegen dieselbe liegt vielleicht darin, daß sie die Vergangenheit des Sonnensystems auf einen Zeitraum von nicht viel über zwanzig Millionen Jahren beschränkt, was möglicher Weise manchen Geologen zu wenig ist. Nach derselben Theorie würde die zukünftige Dauer etwa die Hälfte dieser Zeit betragen, was indessen kein Grund gegen die Stichhaltigkeit derselben ist, denn man kann am allmählichen Erlöschen der Sonnenthätigkeit und dem Tode des Systems nicht füglich zweifeln. Bestimmte Beobachtungen oder exacte Messungen lassen sich indessen nicht als Stütze dieser Theorie anführen, und andrerseits kann zu Gunsten der andern Theorien mancherlei hervorgehoben werden. Bezüglich der Ansicht, daß die Sonnenwärme vom Sturze meteorischer Massen zur Sonne herrührt, macht Young noch auf einen Einwand aufmerksam, den der verstorbene Professor Peirce erhoben hat. Wäre die angegebene nämlich die einzige Quelle der Sonnenwärme, so müßte die Erde ebensoviel Wärme durch niederstürzende Meteore empfangen als von der Sonne, und dann müßte die Masse der zu uns niederfallenden meteorischen Massen über sechzig Millionen Mal so groß sein, als sie nach der höchsten Schätzung wirklich ist; auf eine engl. Quadratmeile (2·7 qkm) kämen dann täglich einhundert und fünfzig Tonnen Meteormassen!

Viel Beifall hat man der Siemens'schen Theorie entgegengebracht, theilweise wohl, wie Young meint, aus Unzufriedenheit mit den andern Theorien, denen zufolge der größte Theil der von der Sonne ausgestrahlten Energie nutzlos verloren geht. Den amerikanischen Astronomen berührt es freilich wenig, ob man die Natur der Verschwendung beschuldigt, und

er stellt an eine Theorie der Sonne nicht die Forderung, daß sie für alle ausgegebene Energie das nachweist, was wir „Nutzen" nennen. „Wo ich einen solchen Nutzen wahrzunehmen vermag", sagt er, „da erkenne ich ihn mit Ehrfurcht und Dank an; aber der Mangel einer solchen Erkenntniß in andern Fällen erregt in mir kein Mißtrauen gegen die Weisheit der Natur oder gegen die Richtigkeit einer in anderer Hinsicht befriedigenden Hypothese. Sie erinnert mich nur an menschliche Beschränktheit und Unwissenheit. Kann wohl ein Blinder einsehen, wozu ein Teleskop gut ist?" Uebrigens deutet Young kurz auf verschiedene Bedenken gegen die Siemens'sche Hypothese hin, so auf die Schwierigkeit der Existenz eines Wirbels von solcher Ausdehnung, wie die Hypothese verlangt; auf den Umstand, daß die Temperatur der Sonnenoberfläche höher zu sein scheint als die Dissociationstemperatur der Kohlenstoffverbindungen und daher höher als deren höchste Verbrennungstemperatur; auch scheint die Unmöglichkeit des Vorhandenseins von Materie von der nöthigen Dichte in den interplanetarischen Räumen erwiesen, da solche durch ihre Schwerewirkung, wie durch ihren Widerstand einen störenden Einfluß auf die Planetenbewegungen ausüben müßte und da auch die Strahlen von den Sternen nicht zu uns gelangen könnten durch ein Medium, das in der von Siemens behaupteten Weise die Sonnenstrahlen aufzunehmen und zu verwerthen im Stande ist.

Weiterhin deutet Young an, daß wir vielleicht allzu zuversichtlich voraussetzen, daß sich im freien Raume die Strahlen nach allen Richtungen gleichmäßig fortpflanzen. Wenn freilich die landläufige Vorstellung bezüglich der Natur und des Verhaltens des hypothetischen „Aethers" richtig ist, so kann man die Correctheit dieser Annahme nicht füglich in Zweifel ziehen; es hat aber schon Sir John Herschel bemerkt, daß diesem Aether so merkwürdige und fast unbegreifliche Eigenschaften beigelegt werden, daß es wohl verzeihlich ist, wenn man sie nur mit einigem Vorbehalt anerkennt. Wiederholt ist auch schon die Frage aufgeworfen worden, ob nicht etwa die Ausstrahlung und Uebertragung von Energie blos zwischen ponderabeln Körpern stattfindet, und zwar ohne Abgabe von Energie an das zur Uebertragung dienende Medium, wenn ein solches vorhanden ist. Verhält es sich so, so ist natürlich

der Energieverlust der Sonne ein außerordentlich viel geringerer und dem entsprechend würde die Lebensdauer unseres Sonnensystems eine viel längere sein. Freilich ist noch Niemand im Stande gewesen, ein Medium oder einen Mechanismus anzugeben, wodurch Schwingungen, wie die strahlende Energie des Lichts und der Wärme mit der eben erwähnten Beschränkung fortgepflanzt werden könnten. Doch darf man diesem Umstande nicht zu großes Gewicht beilegen, da ja überhaupt alle Wirkung in die Ferne, an der Spitze die allgemeine Massenanziehung, ein noch ungelöstes Fundamental-Problem enthält.

Zahlreiche Probleme bieten auch Meteore und Kometen dar, Körper, die vielleicht weder dem Sonnensystem noch der Fixsternwelt angehören. Die Frage nach dem Ursprung der Kometen scheint allerdings bis zu einem gewissen Grade durch die Arbeiten von Schiaparelli, Newton u. A. gelöst, welche dieselben als Fremdlinge betrachten, die von außen her in unser System kommen, dort von Planeten festgehalten und in elliptische Bahnen genöthigt werden. Freilich sollte man eher hyperbolische Bahnen vermuthen, deren Existenz gerade äußerst zweifelhaft ist. Besondere Beachtung aber verdient ein kürzlich von Proctor erhobenes Bedenken. Derselbe hat nämlich auf die Thatsache hingewiesen, daß die Ueberführung eines Kometen aus der ihm ursprünglich eigenen parabolischen in eine elliptische Bahn eine nicht wohl erklärliche starke Verminderung der Geschwindigkeit erfordert. Wenn zum Beispiel Brorsens Komet, dessen mittlere Entfernung von der Sonne etwas über dreimal so groß ist als die der Erde, einstmals in einer parabolischen Bahn lief, und durch die Einwirkung des Jupiter in seine gegenwärtige Bahn gebracht wurde, so mußte seine Geschwindigkeit von ungefähr 17 1/2 auf 8 km in der Secunde reducirt werden.

Rücksichtlich der Fixsterne bezeichnet Young die beständige und immer genauere Beobachtung und Katalogisirung derselben als eine dem Astronomen für alle Zeiten bleibende Aufgabe; er gedenkt dann des Problems der Fixstern-Parallaxen, bezüglich dessen die Arbeiten von Gill und Elkin in Südafrika neue hoffnungsreiche Aussichten eröffnet haben, erwähnt die neuern photometrischen Beobachtungen 2c. Von besonderer Bedeutung erscheint ihm ein eingehendes Studium der Stern-

spectra; denn wenn man dieselben auch in gewisse Gruppen bringen könne, so habe doch jeder Stern sein individuelles Spectrum, verschieden von denen anderer Sterne derselben Gruppe, fast wie jeder Mensch sein individuelles Gesicht hat. Große Hoffnungen setzt er auf die Anwendung der Photographie für astronomische Zwecke, die vielleicht für viele genaue Beobachtungen dereinst das Auge ersetzen wird; in zahlreichen Fällen aber wird das gleichzeitige Zusammenwirken des Auges und des denkenden Geistes unentbehrlich bleiben. Endlich hebt Young noch hervor, daß es nothwendig sein wird, Methoden ausfindig zu machen, um die Zeitbeobachtungen vom Einfluß der „persönlichen Fehler" zu befreien; denn der Astronom der Zukunft wird es mit der Messung von Größen zu thun haben, die innerhalb der Grenzen unserer heutigen Beobachtungsfehler liegen. Kleine Abweichungen nachzuweisen, ist von der höchsten Wichtigkeit; denn in ihnen liegen die Keime zu neuen Entdeckungen und Fortschritten. Wurde doch eine Differenz von nur acht Minuten für Kepler die Veranlassung zur Aufsuchung der wahren Gesetze der Planetenbewegung und zur Reform der Astronomie.

Indem wir nunmehr übergehen zu einer Besprechung der wichtigsten neuern Fortschritte auf astronomischem Gebiete, lenken wir unsere Aufmerksamkeit zuerst auf den Centralkörper unseres Planetensystems,

die Sonne.

Durchmesser der Sonne. — Zu den neuesten astronomischen Anwendungen der Photographie gehören die Versuche, welche man gemacht hat, den Durchmesser der Sonne durch Ausmessung photographischer Bilder derselben zu ermitteln. Solche Bilder von 10·2 cm Durchmesser hat man auf der Moskauer Sternwarte schon seit einer Reihe von Jahren mit dem dortigen Photoheliographen gewonnen, und neuerdings hat A. Bélopolsky dieselben mit Hilfe eines Apparates gemessen, der auch zur Bestimmung der Lage der Flecke dient.[1])

1) Annales de l'observatoire de Moscou. Vol. IX (1883), livraison 2.

Aus diesen Messungen ergaben sich folgende Mittelwerthe für den Sonnendurchmesser in den verschiedenen Jahren, reducirt auf den mittlern Abstand der Erde von der Sonne:

1877 . . . 962·31″ ± 0·088″
1880 . . . 962·09 ± 0·110
1881 . . . 961·62 ± 0·123
1882 . . . 962·17 ± 0·067

Mit Ausnahme des Werthes für 1881, der übrigens aus nur wenigen Messungen abgeleitet ist, sind alle diese Werthe größer als der im „Nautical Almanac" angenommene. Außerdem zeigen die Bilder auch Verschiedenheiten in den Dimensionen von Tag zu Tag, die wohl ihren Grund haben in der ungleichen Expositionszeit, welche wieder abhängt von der Höhe der Sonne, der Durchsichtigkeit der Luft und der Empfindlichkeit der Platten. Die Messungen waren auch mit mancherlei Schwierigkeiten verbunden, theils wegen der ungleichen Beleuchtung, theils infolge der schlechten Begrenzung der Platten u. dergl. m.

Aehnliche Messungen sind auch von Bouquet de la Grye und Arago mit den bei Beobachtung des Venusdurchganges von 1882 in Puebla gewonnenen Sonnenbildern angestellt worden. Jedes der zur Aufnahme benutzten photographischen Fernrohre hatte in seinem Brennpunkte ein Spinnfädennetz, das sich vergrößert auf das Sonnenbild projicirte. Mit Hilfe dieses Netzes, das wiederholt mit einem der Facultät von Lyon gehörigen Brunner'schen Instrument ausgemessen worden, erfolgte die Bestimmung der Dimensionen der Bilder.[1]) In dem am 3. November 1884 der Pariser Akademie erstatteten Bericht handelt es sich nur um die Ausmessung eines halben hundert Sonnenbilder, um zunächst die Brauchbarkeit der Methode zu prüfen. Es ergaben sich dabei für die große Halbachse der Sonne, für den Unterschied zwischen der großen und kleinen Halbachse und für die Neigung der großen Achse gegen den Aequator die folgenden Mittelwerthe

nach Bouquet de la Grye . . . 975·53″ 0·82″ 14°48′
„ Arago . . . . 975·38 0·58 16 1.

---

1) Comptes rendus, Tome 99, p. 727.

Was die Polarhalbmesser der Sonne anlangt, so fand

Bouquet de la Grye . . . 974·71″
Arago . . . . 974·80
und die Tafeln geben . . 974·66.

Aus diesen Zahlen ergiebt sich eine größere Abplattung der Sonne als aus dem bekannten Clairaut'schen Theorem; dieselbe ist auch größer als die von Airy aus zahlreichen directen Messungen abgeleitete. Bouquet de la Grye vermuthet, daß dies seinen Grund in der besonders starken Thätigkeit der Sonnenoberfläche in der Aequatorialgegend habe, verspart aber ein endgültiges Urtheil bis alle Platten von den verschiedenen Stationen gemessen sein werden. Die Zahl dieser Platten ist sehr bedeutend; von Puebla allein sind noch 250 zu messen.

Der französische Gelehrte glaubt, daß es endlich gelungen ist, die Schwierigkeiten, welche durch die Verzerrung der Bilder im photographischen Apparat, durch die Veränderungen der Gelatineplatten ꝛc. verursacht werden, zu überwinden, und er hofft, daß die auf den verschiedenen französischen Stationen erhaltenen photographischen Aufnahmen für sich allein genügen werden, die Parallaxe der Sonne endgültig festzustellen.

Für diese letztere hat Bouquet de la Grye aus den Beobachtungen des zweiten und dritten Contactes den Werth

8·76″

abgeleitet, dessen Genauigkeit er auf 0·01″ angiebt.

Temperatur der Sonne. — Die verschiedenen, in ihren Resultaten so außerordentlich von einander abweichenden Methoden, welche man zur Bestimmung der Temperatur der Sonne benutzt hat (vgl. dieses Jahrb. VIII, S. 60; XIII, S. 42; XVI, S. 18), geben uns nur die Temperatur an der Oberfläche der Photosphäre oder in geringer Tiefe unter derselben, weil sie lediglich auf der Messung der Licht- und Wärmestrahlung beruhen. Wie Hirn bemerkt[1]), sind es nicht sowohl die Beobachtungsmethoden, sondern die verschiedenen Arten, die Beobachtungen zu discutiren, welche auf so abweichende Resultate — 1500° ungefähr nach Pouillet, Vicaire u. A., über 10 Millionen Grad nach Secchi — führen. Hirn hofft nun, daß es ihm gelingen werde, die untere Grenze für die

1) Comptes rendus, T. 98 p. 1366.

Temperatur der Photosphäre zu ermitteln. Was aber die obere Grenze anlangt, so glaubt er dieselbe ungefähr angeben zu können auf Grund der Thatsache, daß Licht und Wärme der Sonne ausgehen von festen Theilchen, die beständig aus einem leuchtenden Gase niedergeschlagen werden. Die Temperatur des Schmelzens und der Verdampfung dieser Körper bildet daher die obere Grenze für die Temperatur an der Oberfläche der Photosphäre, und nach unserer Kenntniß der Schmelzpunkte der feuerbeständigsten Verbindungen schließt Hirn, daß diese Grenze zwischen 50 000° und 100 000° liegt. Bei derartigen Temperaturen würden alle Körper in Dampf verwandelt sein, eine Photosphäre könnte nicht mehr existiren.

Was nun die Temperatur der tieferen Schichten des Sonnenkörpers unterhalb der Photosphäre anlangt, so sucht Hirn dieselbe zu ermitteln aus der Geschwindigkeit V, mit welcher in den Protuberanzen die Wasserstoffmassen emporsteigen. Er nimmt dabei an, daß diese Gasmassen im Innern der Sonne sich im verdichteten Zustand befinden und von da in einen Raum treten, in welchem der Druck bedeutend kleiner oder gleich Null ist. Aus einer 1856 von Thomson, Joule und Weisbach gegebenen Formel der Thermodynamik leitet er dann für die Temperatur T der tiefern Schichten den Werth

$$T = \frac{V^2}{28434}$$

ab. Wenn also Lockyer, Young u. A. berichten, daß die Geschwindigkeit des Aufsteigens bei manchen Protuberanzen bis 250 000 m in der Secunde ging, so ergiebt sich daraus eine Temperatur

$$T = 2\,200\,000^\circ.$$

An die Auseinandersetzungen Hirn's hat Pater Lamey noch einige bemerkenswerthe Folgerungen bezüglich der Wärmevertheilung auf der Sonne geknüpft. [1])

Mittels der Hirn'schen Formel kann man sofort den Temperatur-Unterschied zwischen zwei Breiten berechnen, indem man

$$\frac{V^2}{V'^2} = \frac{T}{T'} = \frac{H}{H'}$$

setzt, wo V und V', T und T', H und H' die Geschwindig-

1) Comptes rendus, T. 99, p. 363.

keiten des Ausströmens, die Temperaturen und die Höhen der Protuberanzen in zwei bestimmten Breiten sind. Aus den Beobachtungen Secchi's vom 23. April bis 18. Juni 1871 ergiebt sich aber für die nördlichen Breiten von 85°

$$\frac{H}{H'} = \frac{685}{969} = 0\cdot706,$$

und es ist also T = 0·706 . T'. Nimmt man nun für T' den Hirn'schen Werth 2 200 000°, so findet man T'—T = 646800°. Eine derartige Temperaturdifferenz bewirkt natürlich eine Störung des Gleichgewichts, welche eine Strömung vom Aequator nach dem Pole verursachen muß, die sich auch in der That in der Bewegung der Flecke und in der Neigung der Protuberanzen kund giebt.

Secchi glaubte 1852 eine etwas höhere Temperatur für die nördliche Halbkugel der Sonne als für die südliche erkannt zu haben. Dies Ergebniß ist in Zweifel gezogen worden, weil die Untersuchungen von Langley in den Jahren 1875 und 1876 nichts Aehnliches ergeben haben. Dem entgegen macht nun Lamey darauf aufmerksam, daß auch 1874, in einer Zeit, wo die Activität der Sonne ungefähr mit der von 1852 übereinstimmte, die mittlere Höhe der Protuberanzen auf der Nordhemisphäre beträchtlich größer war als auf der südlichen, entsprechend einem Temperaturunterschied von 110000°, während in der ersten Hälfte 1875 die Südhalbkugel um etwa 40 000° wärmer war.

Man hat sich viel Mühe gegeben, die Ursachen der Verbreiterung der Linien in den Spectren der Flecken und Protuberanzen ausfindig zu machen und dieselben in den Temperatur- und Druckverhältnissen vermuthet. Neuere Untersuchungen von Fievez in Brüssel haben aber gezeigt, daß der Druck ohne directen Einfluß ist. Gelänge es nun, das Gesetz der Abhängigkeit von der Temperatur auf experimentellem Wege genau festzustellen, so wäre uns in den spectroskopischen Beobachtungen ein zweites Mittel zur Bestimmung der Temperatur in verschiedenen Gegenden der Sonnenoberfläche gegeben, und die Vergleichung der Resultate beider Methoden würde uns ein Urtheil über den Grad der Genauigkeit derselben ermöglichen.

Bezüglich der Temperatur der Sonnenflecke sind

Liveing und Dewar der Ansicht,[1]) daß bisher noch ein strenger Beweis dafür fehlt, daß diese Gebilde eine niedrigere Temperatur besitzen als die umliegenden Theile der Sonne; denn wenngleich die thermischen und chemischen Wirkungen der Flecken geringer seien, so könne doch die Gesammtstrahlung derselben größer sein als die der Umgebung, weil sie eine große Menge violetter und ultravioletter Strahlen aussenden, die in der Sonnenatmosphäre oder in dem interplanetarischen Raume absorbirt werden. Professor Eilhard Wiedemann hat dem gegenüber darauf hingewiesen,[2]) daß es doch nicht ausschließlich blos die brechbareren Theile des Spectrums sind, deren Intensität wächst, wenn die Temperatur einer Lichtquelle steigt, sondern daß auch die Intensität der weniger brechbaren Theile wächst, wenngleich weniger rasch. Von zwei Lichtquellen von verschiedener Temperatur sende erfahrungsgemäß die heißere in jedem Theile des Spectrums mehr Licht aus als die weniger heiße, wenigstens so lange als das Spectrum continuirlich bleibt.

Maximum der Sonnenfleckenhäufigkeit. — Nachdem das letzte Maximum der Fleckenhäufigkeit in der zweiten Hälfte des Jahres 1870 stattgefunden, hätte das folgende in der zweiten Hälfte 1881 oder Anfang 1882 eintreten sollen. Die Beobachtungen haben aber ergeben, daß es erst Anfang 1884 eintrat. Anfangs hatte es allerdings den Anschein, als sei es auf den April 1882 gefallen, denn nach diesem Monat zeigte sich eine geringe Abnahme in der Fleckenhäufigkeit, die aber bald wieder aufhörte, worauf die Fleckenzahl mit einigen Schwankungen bis Anfang 1884 wieder zunahm. Besonders bemerkenswerth ist aber, daß die täglichen Variationen der Magnetnadel genau dieselbe Verzögerung des Maximums erlitten haben. Dasselbe schien bereits 1882 erreicht, worauf eine Abnahme eintrat, die aber bald wieder aufhörte, und dann trat erst 1884·0 das Maximum ein. Diese Uebereinstimmung muß, wie Wolf mit Recht bemerkt,[3]) jeden, der noch zweifelt, von dem engen Zusammenhang zwischen den Er-

---

1) Philos. Magazine, 5th series, Vol. XVI, p. 402, Vol. XVII, p. 302.
2) Das. Vol. XVII, p. 247.
3) Comptes rendus, T. 100. p. 167.

scheinungen auf der Sonne und den Schwankungen der Magnetnadel überzeugen.

Die Ursache der Eigenthümlichkeit der letzten Sonnenflecken-Periode sucht Faye[1]) in einer theilweisen Unabhängigkeit der südlichen und der nördlichen Halbkugel der Sonne von einander, so daß die Zeiten größter Thätigkeit nicht für beide zusammenfallen. Statt eines einzigen Maximums, wie wir es bei einem übereinstimmenden Gang der Thätigkeit in beiden Hemisphären beobachten, müssen dann zwei eintreten. In der That überwogen im Jahre 1882 die Flecke auf der Nordhalbkugel, 1883 aber auf der südlichen.

Spoerer hat als Eigenthümlichkeiten der gegenwärtigen Fleckenperioden folgende angegeben:[2])

Zunächst ist die Fleckenmenge erheblich geringer als in den beiden vorangegangenen Perioden.

Sodann ist die Epoche des Maximums, die Spoerer, wenn auch nur vorläufig, auf 1884·0 setzt, verspätigt. Die beiden vorhergehenden Perioden liefern vom Minimum 1856·05 bis zu Maximum 1860·46 einen Zeitraum von 4·41 Jahr, dagegen von 1867·17 bis 1870·84 nur 3·67 Jahr, im Mittel also 4·04 Jahr; und wenn man dies zum letzten Minimum 1878·80 hinzufügt, so ergiebt sich als Epoche des Maximums 1882·84. Mit Zuziehung früherer Perioden ergiebt sich aber der Mittelwerth von 4·78 Jahr für die Zeit vom Minimum zum Maximum, so daß die Epoche des letzteren auf 1883·58 fallen würde. Endlich hat Spoerer früher die Epoche des Maximums durch die Formel dargestellt

$$1758{\cdot}523 + 11{\cdot}328 \,.\, a,$$

welche für $a = 11$ das Maximum $= 1883.13$ giebt. Die Verzögerung würde also, je nachdem man den einen oder den andern Werth für die durchschnittliche Epoche des Maximums annimmt, 1·2 oder 0·4 oder 0·9 Jahr betragen.

Eine weitere Eigenthümlichkeit liegt in der Vertheilung der Flecke in die verschiedenen dem Sonnenäquator parallelen Zonen: während die mittlere heliographische Breite der Flecke in den beiden vorhergehenden Perioden beim Maximum 16·3°,

---

1) Comptes rendus, T. 100, p. 593.

2) Astron. Nachr. Bd. 110, Nr. 2640, S. 401.

beziehentlich 17·5° betrug, betrug sie beim letzten Maximum nur 11·6°.

Die Planeten und ihre Monde.

Merkur. — Ueber die Bewegung dieses Planeten sind durch J. Bauschinger neue Untersuchungen veröffentlicht worden,[1]) welche hauptsächlich den Zweck verfolgen, die zuerst von Leverrier nachgewiesene Beschleunigung des Perihels zu erklären. Nach Newcomb, der auch die nach Leverrier's Zeit beobachteten Merkurdurchgänge durch die Sonne mit in Betracht gezogen hat, ergiebt sich aus den Beobachtungen eine säculare Bewegung des Merkur-Perihels von 574·78″. Eine neuere Berechnung der säcularen Störungen des Merkur durch die Venus aber, welche Hill nach der Gauß'schen Methode ausgeführt hat, die von der Leverrier'schen wesentlich verschieden ist, hat für die säculare Bewegung des Perihels den theoretischen Werth von 531·83″ geliefert, der fast ganz mit dem von Leverrier gefundenen übereinstimmt. Es bleibt also eine säculare Beschleunigung des Perihels von 43″ übrig.

Der Versuch, diesen Unterschied zwischen Theorie und Beobachtung durch plausible Aenderungen in der Annahme der Erd- und Venusmasse zu beseitigen, hat sich als unzulänglich erwiesen.

Bauschinger hat daher versucht, diese Beschleunigung zu erklären durch Annahme eines Planeten, der innerhalb der Merkurbahn und ungefähr in der Ebene der letztern um die Sonne läuft. Sollte derselbe etwa die Hälfte des Abstandes des Merkur von der Sonne haben, so müßte seine Masse gleich der des Merkur sein. Einen so bedeutenden Körper müßten wir aber sowohl bei Sonnenfinsternissen als glänzenden Stern, als auch während seiner häufigen Vorübergänge vor der Sonne wahrnehmen. Nichts derartiges ist aber bekannt.

Es bleiben daher nur zwei Möglichkeiten: entweder die störende Masse besteht aus einer Anzahl kleiner Massen, die einen zweiten Planetoidenring um die Sonne bilden, oder sie besteht aus kleinsten Theilchen, einen geschlossenen Ring gleich dem Ringsystem des Saturn bildend.

1) München 1884.

Was die erstere Annahme betrifft, so zeigt die nähere Untersuchung, daß eine Schaar von etwa 100 000 Planetoiden von 100 km Durchmesser und der Dichte des Merkur, die in Abständen zwischen 0·15 und 0·25 Erdfernen um die Sonne laufen, zur Hervorbringung der säcularen Störung des Merkur genügen würde. Sichtbar würden uns solche Körper weder bei Sonnenfinsternissen, wo sie höchstens als Sterne 12. Größe in einem Abstand von höchstens 15° von der Sonne erscheinen könnten, noch während ihrer Vorübergänge vor der Sonne, da ihr scheinbarer Durchmesser nur etwa 0·15″ betragen würde. Besondere Gründe, die gegen die Existenz eines solchen Planetoidenringes sprechen, lassen sich kaum geltend machen, und die ganze Annahme ist daher sehr wahrscheinlich. Indessen ist auch die Möglichkeit, daß wir es mit einem Ringe kleinster Theilchen, sozusagen mit einem Staubringe zu thun haben, nicht ausgeschlossen. Zu Gesicht kommen würde uns derselbe ebenfalls nicht.

Bauschinger untersucht außerdem noch, ob die Massen, welche die erwähnte Störung des Merkur bewirken, nicht etwa im Stande sind, auch den säculären Störungen der andern Planeten bemerkenswerthe Beiträge hinzuzufügen. Es zeigt sich indessen bald, daß hier nur Venus, und zwar hauptsächlich die Bewegung der Knoten dieses Planeten in Betracht kommen kann. Doch ergiebt sich dieser Einfluß so gering, daß er sich der Beobachtung entzieht. Auch auf diesem indirecten Wege werden wir also die Existenz solcher störender Massen nicht nachweisen können.

Venus. — Vor etwa 5 Jahren schon hat Trouvelot die Aufmerksamkeit auf zwei merkwürdige weiße Flecke gelenkt[1]), die er in der Zeit vom 13. November 1877 bis 7. Februar 1878 in Cambridge in Massachusetts an den entgegengesetzten Seiten des Randes der Venus, nahe den Enden der Hörner beobachtet hat. Der südliche war der hellere der beiden Flecke und erschien auf seiner innern Seite durch eine Reihe sternartiger Lichtpunkte begrenzt. Nach der untern Conjunction der Venus am 21. Februar 1878 verschwanden beide Flecke.

In der Sitzung der Pariser Akademie vom 24. März

1) The observatory, T. III (1880), p. 416.

vor. J. machte nun Trouvelot, der seit einigen Jahren an der Sternwarte von Meudon thätig ist, die Mittheilung[1]), daß er seit Februar 1878 in 242 Fällen bald den einen, bald den andern dieser Flecke, manchmal auch beide zugleich beobachtet und 122 Zeichnungen davon entworfen habe. Seit dem 5. April war der nördliche Fleck täglich sichtbar. Da die tägliche Drehung des Planeten um seine Achse keinen Einfluß auf die Lage der Flecke ausübt, so liegen sie ohne Zweifel in der Nähe der Pole, und es würde von Interesse sein, die Lage der Flecke mit den von De Vico vor länger als 40 Jahren gegebenen Rotationselementen der Venus

Neigung des Venusäquators gegen die Ekliptik 53° 11′
Länge des aufsteigenden Knotens 57 19
Rotationszeit . . . . 23 Std. 21 M. 21·93 S.

zu vergleichen. Ein dahin gerichteter Versuch, den Trouvelot mit Benutzung der besten ihm zu Gebote stehenden Zeichnungen machte, berechtigt indessen nicht zu der Hoffnung, eine genaue Uebereinstimmung nachweisen zu können.

Die Flecke scheinen bleibend zu sein, obwohl sie zu manchen Zeiten heller leuchten, als zu andern und bei größerer Entfernung der Venus nach ihrer Conjunction für uns unsichtbar werden. Trouvelot hält sie für Berggipfel, welche über die fast immer undurchsichtige Wolkenhülle emporragen, welche den Planeten umgiebt. Oftmals hatte es das Aussehen, als ragten die Polarflecke über den Rand des Planeten, und Trouvelot ist geneigt, dieses Uebergreifen, das sich allenfalls durch Irradiation erklären ließe, für wirklich zu halten. Diese Ansicht wird in merkwürdiger Weise unterstützt durch eine Wahrnehmung, welche Bouquet de la Grye und Arago gemacht haben bei Untersuchung der Photographien des Venusdurchganges von 1882, die in Puebla erhalten worden sind[2].) Hauptzweck dieser Untersuchungen war eine genaue Ermittelung des scheinbaren Weges der Venus über die Sonnenscheibe behufs Bestimmung der Sonnenparallaxe; zu diesem Zwecke mußten aber auch die Umrisse beider Gestirne genau festgestellt werden. Die Ausmessung einer Anzahl Photographien, die

1) Comptes rendus, T. 98, p. 719 u. 1481.
2) Comptes rendus, T. 98, p. 1406.

vorzüglich gelungen erschienen, ergab nun im Mittel eine Abplattung der Venus im Betrag von $^1/_{303}$. Dieses Ergebniß ist an sich durchaus nicht unwahrscheinlich; gleichwohl aber ist die erhaltene Zahl zu klein, um bei diesem Verfahren als zuverlässig zu erscheinen. Bemerkenswerther aber war auf der südlichen Seite des Randes zwischen zwei Depressionen eine gewaltige Hervorragung, deren Höhe $^1/_{59}$ des Planetendurchmessers oder 116 km betrug. Trouvelot glaubt nun, daß zur Zeit des Venusdurchganges, 6. December 1882, der südliche Polarfleck sich an der Stelle dieser Hervorragung befand und daß beide Gebilde identisch sind. Dieser südliche Fleck war immer viel heller als der nördliche, und in den Zeichnungen vom 15., 16., 22. und 23. Januar 1883 erscheint derselbe sehr groß und glänzend, während der nördliche Fleck kaum sichtbar ist.

Auch vom Pater Lamey in Grignon ist der südliche Polarfleck seit Anfang des Jahres 1884 fleißig beobachtet worden.[2]) Wenn dieser Fleck dem westlichen Rande sehr nahe war, so ragte er um $^1/_{95}$ bis $^1/_{27}$ über die Scheibe des Planeten empor, woraus Lamey auf eine Höhe von 290 km schließt. Uebriges glaubt derselbe in Uebereinstimmung mit den ältesten Beobachtungen von Dom. Cassini und Derham die Existenz ungeheurer kraterförmiger Bildungen auf der Venus constatirt zu haben. „Um sie“ — an der Schattengrenze — „zu erkennen, muß man vermeiden, das Auge auf die dunkeln Partien zu fixiren; wenn man die Momente größter Schärfe des Bildes benutzt, sieht man kreisförmige Zonen, die sehr scharf angedeutet, nach dem westlichen Rande immer glänzend, nach der mittlern und östlichen Gegend zu ziemlich dunkel sind. Diese Zonen sind immer in charakteristischer Weise ausgezackt, ihr allgemeiner Anblick erinnert an die Oberfläche gewisser fossiler Madreporen. Eine der bemerkenswerthesten Formen ist aber ohne Zweifel der erwähnte südliche Fleck, welcher mit concentrischen Umwallungen von sehr großem Durchmesser umgeben ist, die am 28. März und 26. April deutlich sichtbar waren.“

Im Gegensatz zu Trouvelot glauben Bouquet de la Grye und Arago nicht, daß die von ihnen constatirte Hervorragung

---

1) Comptes rendus, T. 98, p. 1533.

ein Berg sei. „Eine Höhe von mehr als 100 km erscheint uns unzulässig für eine Gebirgsgegend. Anders wäre es, wenn es sich um eine gleichzeitige Anhäufung von Eis und um jene Wolkenzonen handelte, deren regelmäßige Anordnung um unsere Planeten sich kund giebt, und die Höhe der Atmosphäre der Venus, die in Puebla gemessen worden, würde mit dieser Hypothese übereinstimmen; in diesem Fall könnte die Südzone recht wohl eine polare und winterliche Region des Planeten darstellen."

In Bothkamp hat J. Lamp die Venus von Anfang Mai 1884, wo die Scheibe etwa halb beleuchtet war, bis Mitte August an jedem Abend, wenn die Luftbeschaffenheit günstig war, beobachtet, erst mit 193facher, dann mit 230facher Vergrößerung. Doch blieb das Suchen nach deutlich erkennbaren Flecken zur Bestimmung der Rotationsdauer erfolglos, auch ließen sich im Aussehen des Planeten keinerlei Andeutungen der Lage der Drehungsachse erkennen. Ebensowenig zeigten sich an der Beleuchtungsgrenze Einbuchtungen oder Auszackungen. Doch verlief die Grenze des dunkeln Theiles nach der Tagseite hin bis Anfang Juni nicht ganz conform dem entsprechenden Rande der Planetenscheibe: während nämlich die beiden schmalen Enden des beschatteten Theils, allmählich immer feiner werdend, sich an die Nachtseite der Hörner anschmiegten, zeigten sich an den Ansatzstellen der Hörner, besonders deutlich am südlichen (obern) Horn, Ausbuchtungen oder Vorsprünge, und es entstanden dadurch im Verein mit den hellen Spitzen der Hörner größere helle Partien, welche, wohl im Contrast zu den sie einengenden dunkeln Gebiete, in besonders weißem Licht erglänzten. Am 13. Mai glaubte Lamp auch eine später nicht wieder gesehene ziemlich helle Partie inmitten der dunkeln Hälfte der Venusscheibe zu erblicken.

Nach der Conjunction wurde der Planet zweimal morgens kurz vor Sonnenaufgang auf das aschfarbene Licht untersucht, jedoch vergebens. Auch wurde nie eine Spur von einem Venusmond wahrgenommen.

Lamp hat bei diesen Beobachtungen öfters Mittenzwey'sche Fluorescinzellen (vgl. dieses Jahrb. XX, S. 93) benutzt und gefunden, daß dieselben bei Beobachtung von Details auf der Oberfläche eines Himmelskörpers gute Dienste leisten. „So-

bald das Auge sich an das gelbe Licht gewöhnt hat, scheint es in der Auffassung von Einzelheiten gestärkt zu werden, und ohne Zweifel gewinnt das ganze Bild an Ruhe und Beständigkeit."[1])

Erde. — Mittlere Dichte derselben. Befindet sich in dem innern Hohlraum einer Kugelschale von überall gleichgroßer Dichte ein Punkt, so ist die Anziehung, welche er von der Kugelschale erleidet, gleich Null, weil die Anziehungen, welche er in direct entgegengesetzten Richtungen erleidet, sich gegenseitig aufheben. Wenn daher der Erdkörper aus concentrischen Schichten besteht und wenn die Dichte in einer jeden Schicht constant ist, so wird ein Punkt in einer gewissen Tiefe unter der Erdoberfläche nur von demjenigen Theil der Erde, welcher dem Mittelpunkte näher liegt, eine Anziehung erleiden. Steigt man also von der Oberfläche aus in das Erdinnere hinab, so wird die Schwerkraft sich ändern, weil 1) der Einfluß der äußeren Schale der Erde in Wegfall kommt, und weil man 2) sich dem Erdmittelpunkte nähert. Der erstere Umstand bedingt eine Verminderung der anziehenden Masse, also Abnahme der Schwerkraft, während der zweite eine Vergrößerung derselben zur Folge hat. So lange man sich nun in den oberen Erdschichten befindet, deren Dichte geringer ist, wird die erstere Wirkung unbedeutend sein, und die zweite wird überwiegen; es wird also bis zu einer gewissen Tiefe eine Zunahme der Schwerkraft eintreten. Geht man aber tiefer hinab, so wird der erste Einfluß überwiegen, und die Schwerkraft wird daher abnehmen. In welcher Tiefe die anfängliche Zunahme in eine Abnahme übergeht, das hängt ab von der Vertheilung der Dichte im Innern der Erde. Auf Grund von theoretischen Betrachtungen bezüglich der Constitution des Erdkörpers ist Helmert zu dem Ergebniß gelangt,[2]) daß beim Eindringen in die Erdoberfläche die Intensität der Schwere bis zu einer Tiefe von 1100 km zunimmt, wo sie 1·05 der Schwerkraft an der Erdoberfläche beträgt, und daß sie von da an bis zum Erdmittelpunkte stetig abnimmt.

Auf den im Eingang erwähnten Satz hat der englische

---

1) Astron. Nachr. Bd. 110, S. 37.

2) Die mathematischen und physikalischen Theorien der höheren Geodäsie. II. Theil S. 439.

Astronom Airy ein Verfahren gegründet die mittlere Dichte der Erde zu ermitteln: durch Pendelbeobachtungen wird die Intensität der Schwerkraft an der Erdoberfläche und in bekannter Tiefe unter derselben gemessen; bezeichnet dann d die mittlere Dichtigkeit der Erdschicht zwischen beiden Beobachtungsstationen, D diejenige der ganzen Erde, R den Erdradius, h den Höhenunterschied zwischen den Beobachtungsstationen, und sind l, l′ und l″ die Längen des Secundenpendels am Meeresspiegel, an der obern und an der untern Station, so besteht zwischen d und D das Verhältniß

$$\frac{d}{D} = \frac{2}{3} - \frac{l'' - l'}{l} \cdot \frac{R}{3h} .$$

Wenn daher die Dichte d der obern Schicht bekannt ist, so kann man daraus die mittlere Dichte D der Erde berechnen.

Nach mißglückten Versuchen in der Dolcoathgrube bei Camborne 1826 und 1827 wurden mit besserem Erfolg 1854 in der dem Kohlenrevier von Durham angehörigen Grube Harton, Beobachtungen angestellt, die zu dem Ergebniß führten, daß die Intensitäten der Schwere an der Oberfläche und in 382·8 m Tiefe sich wie 1 zu 1·00005185 verhielten. Airy fand ferner die mittlere Dichte der Erde 2·6266 mal so groß als die der obern Schicht, und indem er diese gleich 2·5 annahm, erhielt er für die mittlere Dichte der Erde den Werth 6·566.

Später hat Haughton für d einen etwas andern Werth berechnet; indem er nämlich für die Vertheilung von Wasser und Festland nach Rigaud das Verhältniß 2·815 zu 1, die mittlere Höhe der Continente mit Humboldt zu 1000 Fuß engl. und die mittlere Dichte der Continente zu 2·75 annahm, erhielt er für d den Werth 2·059, und daraus ergab sich D = 5·480.

Wenn nun auch dieser Werth eine ganz befriedigende Uebereinstimmung mit denjenigen Werthen zeigt, die auf andere Weise erhalten, insbesondere aus Beobachtungen mit der Drehwage abgeleitet worden sind (vgl. dieses Jahrb. X, S. 11), so sieht man doch, daß Alles abhängt von der Berechnung des Werthes von d, die auf ziemlich unsicheren und willkürlichen Grundlagen ruht. Die Verhältnisse am Beobachtungsorte selbst sind sehr complicirter Natur: Airy konnte bis zu einer Tiefe von 383 m nicht weniger als 142 Schichten unterscheiden, deren

Mächtigkeit sich zwischen 3 cm und 36 m bewegt und deren specifische Gewichte zwischen 1·29 und 2·82 liegen. Muß unter solchen Umständen die genaue Bestimmung der mittlern Dichte der zwischen beiden Beobachtungsstationen liegenden Erdschicht fast unmöglich erscheinen, so mußte man es als um so wünschenswerther betrachten, die Airy'schen Versuche an einem Orte zu wiederholen, der wesentlich günstigere Vorbedingungen darbietet. Als solcher erschien der 534·4 m tiefe „Abrahamschacht" von „Himmelfahrt Fundgrube" dicht bei Freiberg (Polhöhe 50° 55′10·6″). Mit Ausnahme einer kleinen Schicht Aluvium besteht die Gebirgsmasse hier ausschließlich aus Gneis, dessen specifisches Gewicht in verschiedenen Tiefen nach den von Reich im Mai 1871 ausgeführten Bestimmungen nur innerhalb der Unsicherheit der Bestimmungen schwankt (2·685 in 25 m Tiefe, 2·673 in 258 m und 2.703 in 535 m Tiefe). Im Mai, Juni und Juli 1871 wurden nun von Professor Th. Albrecht mit dem Reversionspendel des preußischen geodätischen Instituts hier Beobachtungen angestellt [1]), und zwar

über Tage in einer Höhe von 431·2 m über dem Mittelwasser der Ostsee,

auf der vierten Gezeugstrecke, 173·7 m über der Ostsee und

auf der elften Gezeugstrecke, 103·2 m unter dem Spiegel der Ostsee.

Aus den Beobachtungen über Tage ergab sich für die Länge des Secundenpendels der Werth 993·994 mm, für die 257·5 m tiefer gelegene Station auf der vierten Gezeugstrecke betrug diese Länge 0·042 mm weniger, für die um 534·4 m tiefere Station auf der elften Gezeugstrecke aber 0·112 mm weniger.

Diese Ergebnisse stehen in auffallendem Widerspruch mit den anderwärts, in der Grube Harton in England durch Airy und im Adalbertschachte bei Přibram durch von Sterneck, gewonnenen. Während nämlich hier, entsprechend der Theorie, beim Eindringen in die Tiefe eine Zunahme der Schwerkraft

1) Astronomisch-geodätische Arbeiten für die europäische Gradmessung im Königr. Sachsen ausgeführt und veröffentlicht im Auftrage des Kgl. sächs. Ministeriums der Finanzen. III. Abth. Die astronomischen Arbeiten. Ausgeführt unter Leitung von C. Bruhns, nach dessen Tode bearb. von Th. Albrecht. 2. Heft. Berlin 1885.

beobachtet wurde, weisen die Freiberger Beobachtungen im Gegentheil eine Abnahme nach. Ebenso weicht der Werth, den man aus den Freiberger Beobachtungen für die mittlere Dichte der Erde erhält, vollständig von den anderweit berechneten Werthen ab. Sowohl aus der Combination der Beobachtungen über Tage mit denen auf der elften Gezeugstrecke, als aus der Combination der ersteren mit denen auf der vierten Gezeugstrecke ergiebt sich nämlich, wenn man die Dichte der obern Schicht = 2·69 setzt, D = 2·3, während man aus der Combination der Beobachtungen auf der elften und vierten Gezeugstrecke D = 2·2 erhält.

Es verdient dabei Erwähnung, daß die beobachtete Länge des Secundenpendels sich ganz gut an den theoretisch berechneten Werth anschließt. Legt man nämlich die von Helmert a. a. O. S. 241 gegebene Formel für die in Millimetern ausgedrückte Länge des mathematischen Secundenpendels im Niveau des Meeresspiegels für die Breite φ

$$L = 990{\cdot}918 + 5{\cdot}262 \,.\, \sin^2\varphi$$

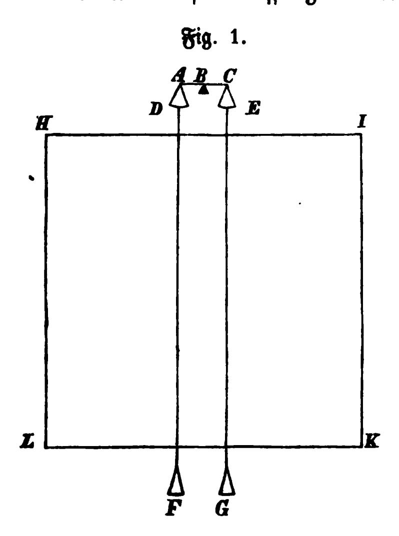
zu Grunde und nimmt man nach Anleitung desselben Autors (a. a. O. S. 244) den Uebergang vom Meeresniveau zur Meereshöhe der Station so vor, als erfolgte derselbe in freier Luft, so ergiebt sich für die Station über Tage am Abrahamschacht ($\varphi = 50^0\ 55'\ 11''$, Meereshöhe 431·2 m) L = 993·955 mm. Auf den Meeresspiegel reducirt giebt die beobachtete Länge von 993·994 mm in 431·2 m Höhe den Werth von 994·080 mm, entsprechend einer Intensität der Schwerkraft von 9·81118 m.

Aus dem oben angeführten Resultat bezüglich der mittleren Dichte der Erde zieht nun Albrecht den Schluß, daß die Methode der Bestimmung der mittleren Dichtigkeit der Erde durch Pendelbeobachtungen an der Erdoberfläche und in verschiedenen Tiefen infolge der vielfachen Unregelmäßigkeiten im Aufbau des Erdkörpers und der Unmöglichkeit, den localen Massenverhältnissen in ausreichendem Grade Rechnung zu tragen, nicht geeignet ist so zuverlässige Resultate zu liefern, wie die Beobachtungen mit der Drehwage und Wägungen auf der Wage.

Was die letztere Methode anlangt, so ist diese bisher am sorgfältigsten durch den inzwischen verstorbenen Professor v. Jolly in München durchgeführt worden. Derselbe hatte seine Wage auf einem Thurme aufgestellt, und an der einen

Schale war ein 21 m langer Draht angebracht, an dessen unteren Ende noch eine Schale hing. Wenn nun ein Körper zuerst in die obere, dann aber in die untere Schale gebracht und beide mal sein Gewicht bestimmt wurde, so ergab sich dasselbe im zweiten Falle infolge der größern Intensität der Schwere am untern Punkte etwas größer. Der Unterschied zwischen beiden Wägungen wurde aber noch bedeutender, wenn unter die untere Schale eine 110 Centner schwere Bleikugel gebracht wurde. Aus diesen Messungen wurde das Verhältniß zwischen den Massen der Bleikugel und der Erde und damit das mitttlere specifische Gewicht der letzteren berechnet.

Fig. 1.



Als eine wesentliche Fehlerquelle bei diesen Messungen ist der Umstand zu bezeichnen, daß es nicht möglich ist den langen Draht gegen Temperaturänderungen zu schützen. Es ist deshalb von Dr. Arthur König und Dr. Franz Richarz im Physikalischen Institut der Universität Berlin das folgende Verfahren angegeben worden:

HJKL in Figur 1 soll den verticalen Querschnitt eines würfelförmigen Bleiblockes von ungefähr 2 m Seite und 100 000 kg Gewicht darstellen. Ueber der Mitte seiner obern Fläche ist die Wage ABC mit den Schalen D und E aufgestellt. Unterhalb der letzteren ist der Block vertical durchbohrt, so daß ein Paar an D und E befestigte Drähte durchgehen können, an denen die Schalen F und G aufgehängt sind. Bringt man nun ein Gewicht in D durch ein anderes in G ins Gleichgewicht, so wirkt auf ersteres die Anziehung der Erde und die des Bleiwürfels, auf letzteres aber die Anziehung der Erde weniger der des

Würfels, beide sind also um die doppelte Anziehung der Bleimasse von einander verschieden.

Dr. König, welcher am 19. December vor. J. der physikalischen Gesellschaft in Berlin diese Idee auseinandersetzte, sprach die Erwartung aus, daß es ihm in Jahresfrist möglich sein werde, numerische Resultate zu geben.

Mond der Erde. — Zu verschiedenen interessanten Beobachtungen hat die totale Mondfinsterniß vom 4. October 1884 Gelegenheit geboten.

Der Schatten, den die Erde auf den Mond wirft, ist in der Regel nicht scharf begrenzt, sondern mit einem nebligen Saum umgeben, und während der Totalität verschwindet der Mond nur selten vollständig, sondern seine Scheibe ist in rother Färbung mit verschiedenen Graden der Intensität, bis ins Feuerrothe und Glühende sichtbar. Wie schon Kepler bemerkt hat, verdanken beide Erscheinungen der Atmosphäre der Erde ihre Entstehung: die Sonnenstrahlen werden beim Durchgang durch dieselbe abgelenkt und in den Schattenkegel geworfen. Zur Entstehung des nebligen Saumes trägt auch der Umstand wesentlich bei, daß die Sonne nicht ein leuchtender Punkt, sondern eine Kugel ist, weshalb den Kernschatten ein Halbschatten umgeben muß. Der Saum wurde nur schmal und die Begrenzung des Schattens ungewöhnlich scharf beobachtet von v. Felbiger in Sagan und Lambert in Berlin bei der Mondfinsterniß vom 30. September 1776, und nach Kepler's Angabe verschwand der Mond vollständig bei der Finsterniß am 9. December 1609; das letztere beobachtete auch Hevel bei der totalen Finsterniß am 25. April 1642, und am 10. Juni 1816 konnte man in London während der Totalität der Verfinsterung den Mond selbst mit Fernröhren nicht wahrnehmen.

Bei der vorjährigen Finsterniß war zunächst die geringe Intensität der rothen Färbung auffallend. Zu San Fernando erschien der Mond während der Totalität bleigrau ohne eine Spur von Roth.[1]) In Paris, wo die Gebrüder Henry mit gutem Erfolg eine Anzahl photographischer Aufnahmen des Mondes während des Verlaufs der Verfinsterung machten[2]), erschien derselbe dem bloßen Auge nach Bigourdan's Be-

---

1) Astron. Nachr. Bd. 110. Nr. 2630, S. 221.

2) Comptes rendus T. 99, p. 546, 560, 562.

schreibung während der Totalität etwa wie ein runder Nebel von höchstens 20 Bogenminuten Durchmesser; im Fernrohr hatte er ein aschfarbenes Licht, und man konnte Ein- und Austritt von Sternen 12. Größe und noch kleineren gut beobachten. Ein anderer dortiger Beobachter, Trépied, der mit spectroskopischen Untersuchungen beschäftigt war, beschreibt die Färbung während der Totalität als außerordentlich gleichmäßig und entschieden bläulich.

Auffälliger noch war die an vielen Orten beobachtete ungewöhnliche Dichte und Schwärze des Erdschattens, welche mehrfach das Erkennen des Mondrandes während der Totalität verhinderte. So wird aus Marseille berichtet, daß man dort die Mondscheibe sogar mit dem Teleskop nicht zu erkennen vermochte.[1]) Auch in den Berichten aus Christiania, Lund, Kopenhagen u. a. O. wird der großen Dunkelheit ausdrücklich gedacht. E. J. Lowe, der zu Shirenewton Hall bei Chepstow in England beobachtete, bemerkt[2]), daß es ihm bei früheren Finsternissen immer möglich gewesen sei, den Umriß des Mondes auch während der Totalität mit bloßem Auge zu erkennen; bei der vorjährigen Finsterniß aber sei ihm dies trotz wolkenlosen Himmels und dunstfreier Luft nicht möglich gewesen; die scheinbare Größe des Mondes war bedeutend vermindert und derselbe gewährte ungefähr den Anblick eines großen Sternes, dessen Licht eben noch ausreicht, um durch einen dichten Nebel zu dringen. George F. Burder in Clifton konnte eine Zeit lang vor und nach der Mitte der Finsterniß mit bloßem Auge nichts weiter vom Monde erkennen, als einen blassen, schmutzig braunen, nebeligen Fleck von unbestimmter Begrenzung. Dieser Beobachter weist ausdrücklich darauf hin, daß die ungewöhnliche Dunkelheit nicht eine Folge des tiefern Eintauchens des Mondes in den Erdschatten gewesen; denn die totale Finsterniß am 23. August 1877 habe eine längere Dauer gehabt, und doch sei die Verdunklung nicht so intensiv und die rothe Färbung sehr deutlich gewesen. Die wahre Ursache vermag er freilich nicht anzugeben und äußert nur vermuthungsweise, dieselbe sei wahrscheinlich in

1) Comptes rendus T. 99, p. 597.
2) Nature XXX, p. 590.

dem Zustand unserer Atmosphäre zu suchen und möglicherweise identisch mit der Ursache der viel besprochenen abnormen Dämmerungserscheinungen.

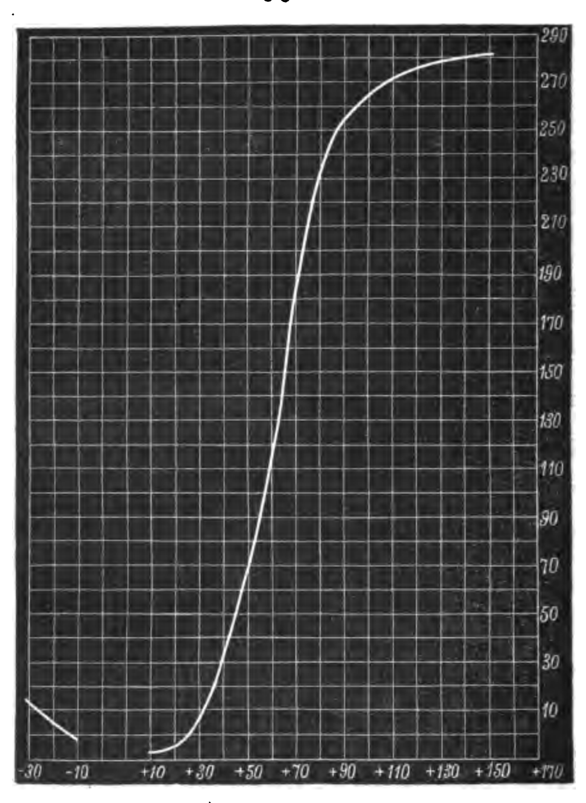
Eine andere interessante Erscheinung wurde von A. de Boë in Antwerpen, sowie auch auf der Sternwarte in Brüssel beobachtet, als der Mond ungefähr 1/3 verfinstert war.[1]) Ungefähr in der Mitte der halbkreisförmigen Schattengrenze zeigte sich nämlich eine merkliche Erhöhung, welche rasch kleiner wurde und völlig verschwand, als der Mond ungefähr zur Hälfte verfinstert war. Einer Erhöhung auf der Mondoberfläche möchte de Boë diese merkwürdige Ausbauchung des Schattens nicht zuschreiben; denn dann müßte man sie schon früher bei andern Mondfinsternissen bemerkt haben. Vielleicht, meint er, ist sie durch die amerikanischen Cordilleren hervorgerufen, die damals den Mond gerade am Horizont hatten, so daß ihr Profil die Schattengrenze bildete. Als später der Schatten wieder kreisförmig war, befand sich der Mond infolge der Erdrotation am Horizonte des Großen Oceans.

Auf der Sternwarte des Earl von Rosse zu Birr Castle bei Parsonstown hat Otto Boeddicker Messungen über die Aenderung der vom Mond ausgestrahlten Wärme während des Verlaufs der Finsterniß angestellt. Er bediente sich hierbei des schon vor Jahren vom Earl von Rosse zur Messung der Wärmestrahlung des Mondes benutzten Apparates: mittels zweier kleinen Hohlspiegel wurden die in einem 3füßigen Teleskop gesammelten Mondstrahlen abwechselnd auf zwei Thermosäulen verdichtet und die erzeugten Ströme mittels eines Galvanometers mit Spiegel und Scala gemessen. Die Exposition dauerte für jede Säule eine Minute Sternzeit, und die Beobachtungen wurden während der ganzen Dauer der Finsterniß fortgesetzt mit nur zwei Unterbrechungen von 8 und 9 Minuten behufs Untersuchung der Sammelspiegel auf einen etwaigen Thauniederschlag und zum Aufziehen des Uhrwerks für das Teleskop. Im Ganzen wurden 221 Galvanometer-Ablesungen erhalten, welche in Gruppen von je zehn vereinigt wurden, um Mittelwerthe zu erhalten, die dann als Ordinaten der in Fig. 2 gegebenen Curve aufgetragen wurden, während die Abscissen

1) Gaea XXI, p. 43.

die Zeit vor Beginn und nach dem Ende der Totalität angeben. Während der Totalität wurden keine Messungen vorgenommen, weil sich nicht sicher ermitteln ließ, ob der Mond

Fig. 2.



wirklich auf die Spiegel eingestellt war; auch wurden die Ablesungen bei großer Annäherung an die Phase der Totalität so unstetig und unregelmäßig, daß die Wirkung unter die Grenze der Empfindlichkeit des Instruments und der Be=

obachtungsfehler fiel. Einzelne Beobachtungen deuten übrigens darauf hin, daß das Minimum der Wärmestrahlung später eintrat als das Minimum des Mondlichts.[1])

In Oxford hat Prof. Pritchard die Finsterniß zur Untersuchung der Lichtstärke der Refractoren im Vergleich zu den Reflectoren benutzt. Die Radcliff-Sternwarte zu Oxford besitzt nämlich drei Hauptinstrumente von ungefähr gleicher Oeffnung: einen 12¼zölligen Refractor von Grubb, und zwei Reflectoren von 13 Zoll Durchmesser, den einen mit versilbertem Glasspiegel, den andern mit Metallspiegel. Während der Totalität der Mondfinsterniß am 4. October wurden nun diese Instrumente auf die schwächsten noch sichtbaren Sternchen in der Nähe des Mondes eingestellt, wobei sich ergab, daß im Refractor vier Sternchen 12. Größe sichtbar waren, von denen der Metallspiegel nur einen einzigen, der Glasspiegel aber gar keinen erkennen ließ. Weitere Beobachtungen mit Hilfe eines Photometers führten dann zu dem Ergebniß, daß die Lichtstärke des Refractors fast doppelt so groß sei als die des Metall-Reflectors und anderthalbmal so groß als die des Glasreflectors. Weitere Untersuchungen über die Leistungen anderer Teleskope führten Pritchard zu dem Schlusse, daß sich die meiste Aussicht auf neue Entdeckungen in den Himmelsräumen nicht an die Aufstellung großer Spiegelteleskope knüpft, sondern an diejenige großer Refractoren.

Diese Mondfinsterniß wurde übrigens an zahlreichen Sternwarten benutzt zur Beobachtung von Sternbedeckungen, um daraus den scheinbaren Durchmesser des Mondes genauer zu bestimmen.

Acceleration des Mondes. — Im vorigen Jahrg. dieses Jahrb., S. 30, ist des von Prof. Th. v. Oppolzer in Wien unternommenen Versuchs gedacht worden, den Unterschied zwischen der berechneten und der beobachteten Acceleration der Mondbewegung zu erklären durch eine Verlangsamung der Rotation der Erde, deren Ursache er wieder in dem Niederschlag kosmischen Staubes auf der Oberfläche unseres Planeten vermuthet. Seiner Rechnung nach würde die Ablagerung einer 2·8 mm hohen Schicht in einem Jahrhundert genügen, um

---

1) Nature XXX, p. 589.

diese Wirkung hervorzubringen. Eine ähnliche Idee hat auch schon vor mehreren Jahren der Director der erzbischöfl. Haynald-schen Sternwarte zu Kalocsa, C. Braun, dem Prof. E. Weiß in Wien gegenüber ausgesprochen. Seiner Rechnung zufolge würden 0·88 Cubikmeilen kosmischer Stoffe, von der Dichte 5·5, welche in einem Jahrhundert auf den Mond fallen, ausreichen, um eine Mond-Acceleration von 6″ zu bewirken. Indessen hat derselbe diese Idee fallen lassen, weil er die Zulässigkeit der zu Grunde liegenden Annahme in Zweifel zieht, und er hat gegenüber der Oppolzer'schen Veröffentlichung auf einige Umstände aufmerksam gemacht, welche gegen eine derartige Ablagerung kosmischer Staubmassen sprechen[1]).

Zunächst erinnert er daran, daß von anderer Seite die Masse der kosmischen Niederschläge viel geringer geschätzt wird, als Oppolzer annimmt. So schätzt einer Mittheilung von Prof. Piazzi Smyth zufolge der Director der Sternwarte zu Allegheny in Pennsylvanien, Prof. S. P. Langley, das täglich auf die Erde niederfallende Quantum kosmischer Masse nicht viel unter 100 und nicht viel über 1000 Tonnen[2]), während nach der Oppolzer'schen Hypothese täglich 218 Millionen Tonnen herabfallen müßten.

Da ferner die Erde ohne Zweifel schon viele Millionen Jahre in einem dem heutigen ähnlichen Zustande bestanden hat, so müßten sehr große Quantitäten kosmischer Masse im Laufe der Zeit auf sie herabgekommen sein. In einem Zeitraum von 40 Millionen Jahren würde die Ablagerung von 2·8 mm im Jahrhundert eine Höhe von 1 km erreicht haben. So bedeutende Massen hätten sich nun jedenfalls in den Oceanen in aller Ruhe absetzen können, und man sollte daher erwarten, auf dem Meeresgrunde mächtige Ablagerungen kosmischer Massen anzutreffen, welche Erwartung indeß durch die Tiefseeforschungen der Neuzeit nicht bestätigt wird.

Wenn ferner die Dämmerungs-Erscheinungen in den letzten Monaten von 1883 und im Anfang von 1884 durch den vulkanischen Staub verursacht worden sind, was doch ziemlich sicher ist, so sollte man erwarten, daß solche Erscheinungen be-

---

1) Astron. Nachr. Bd. 108, Nr. 2582, S. 259.
2) „A vast dust envelope“ in Nature XXIX, p. 324.

ständig stattfinden, denn nach der Oppolzer'schen Hypothese müßten täglich 218 Millionen Tonnen kosmischen Staubes in die Atmosphäre der Erde eintreten, während die Gesammtmasse des vom Krakatoa emporgeschleuderten Staubes zu höchstens 5 Millionen Tonnen veranschlagt wird.

Endlich weist Braun noch darauf hin, daß dem Einfluß der Staubablagerung auf der Erdoberfläche entgegengewirkt wird durch die Erkaltung des Erdkörpers. Sollte trotz der letzteren doch noch eine Verzögerung der Rotationsgeschwindigkeit eintreten, so wäre eine mehr als doppelt so große Masse kosmischer Stoffe nothwendig.

Mars. — Eine neue Bestimmung der Albedo desselben, d. h. seiner Fähigkeit, das auf ihn fallende Licht wieder zurück zu strahlen, hat A. Kononowitsch, Director der Sternwarte in Odessa, ausgeführt[1]). Zöllner, welcher in seinen „Photometrischen Untersuchungen" den Werth 0·2672 für diese Größe giebt, hat sich bei ihrer Berechnung des Lambert'schen Emanationsgesetzes bedient, das er übrigens nicht für streng bewiesen erachtet. Kononowitsch zeigt nun, wie man unter Annahme aller Bedingungen, die Lambert für das lichtreflectirende Element aufstellt, außer dem Emanationsgesetz, die Grundformeln des photometrischen Calculs gestalten kann, und aus seinen Formeln leitet er dann mit Benutzung der von Zöllner bestimmten Oppositionshelligkeit des Mars und des Helligkeitsverhältnisses zwischen Capella und Sonne das Resultat ab, daß Mars jedenfalls weniger als 25 Procent des von der Sonne erhaltenen Lichtes nach allen Richtungen reflectirt, und daß dieser Betrag nicht viel von 20 Procent abweichen kann.

Planetoiden. — Aus der Gruppe der kleinen Planeten, die sich in dem Raume zwischen den Bahnen des Mars und Jupiter um die Sonne bewegen, sind im Jahr 1884 neun neue Körper entdeckt worden, nämlich

(236) Honoria am 26. April von J. Palisa in Wien,
(237) Coelestina am 27. Juni von demselben,
(238) Hypatia am 1. Juli von Dr. Knorre in Berlin,
(239) am 18. August von Palisa in Wien,

1) Astron. Nachr. Bd. 108, Nr. 2605, S. 185.

(240) Vanadis am 27. August von Borrelly in Marseille,
(241) Germania am 12. Semptember von Luther in Düsseldorf,
(242), (243) und (244) am 22. und 29. September und am 14. October von Palisa in Wien.

Ein von demselben unermüdlichen Planetoiden-Entdecker am 27. October aufgefundenes Sternchen 11·5. Größe, das anfangs für die seit 1877 nicht wieder gesehene Andromache (175), dann aber für einen neuen Planetoiden gehalten wurde, erwies sich schließlich als (208) Lacrimosa, welcher Planetoid bis dahin nur in der Opposition von 1879 beobachtet worden war. Palisa hat außerdem auch zwei andere 1879 entdeckte Planetoiden wieder aufgefunden, nämlich (206) Hersilia am 14. December 1884 und (210) Isabella am 16. December, jene mit Hilfe einer Aufsuchungs-Ephemeride von Dr. Stechert in Kiel, diese auf Grund der Berechnungen von Wolyceewicz in Pulkowa[1]).

Außerdem hat Palisa auch den seit 11 Jahren vermißten Planetoiden (131) Vala, der am 24. Mai 1873 von C. H. F. Peters entdeckt und damals auf verschiedenen Sternwarten bis 3. Juli beobachtet, in späteren Oppositionen aber nicht wieder gesehen worden ist, am 29. März 1884 mit Benutzung der Vorausberechnung von Stockwell wieder aufgefunden[2]).

Aus seinen photometrischen Untersuchungen des Planetoiden Vesta schließt W. Harrington[3]), daß derselbe ungefähr 500 engl. Meilen (800 km) Durchmesser und ähnliche Albedo wie der Mond, aber ebenso wie dieser keine merkliche Atmosphäre und kein Wasser besitzt. Der rasche Wechsel der Helligkeit deutet vielleicht auf eine rauhe Oberfläche und Drehung um die Achse; die Dauer der letztern zu bestimmen, gelang indessen nicht.

Jupiter. — Prof. L. Weineck, Director der Prager Sternwarte, bemerkte am 17. Februar 1884 abends 7 ½ Uhr in dem südlichsten der dunkeln Jupitersstreifen nahe in der Mitte seiner Längenausdehnung einen schwarzen Punkt, der auch von

1) Astron. Nachr. Bd. 110, Nr. 2636, S. 347 u. 349.
2) Dies. Bd. 108, Nr. 2588, S. 369.
3) American Journal of Science, Ser. III, Vol. 25, p. 161.

Dr. Gruß und Dr. Rosicky beobachtet wurde. Der Schatten eines Trabanten fiel damals nicht auf den Jupiter. Nach 10 bis 15 Minuten erschien der schwarze Fleck weniger scharf begrenzt, und nach etwa einer halben Stunde war er gänzlich verschwunden, dagegen zeigte sich nahezu an derselben Stelle eine vorher nicht bemerkte lichte, längliche Wolke, die auch noch am Abend des 19. Februar, nachdem der Planet inzwischen 5 Umdrehungen gemacht, deutlich wahrnehmbar war [1]).

Denselben Fleck hat auch Dr. F. Terby in Löwen um 7 1/2 Uhr Prager Zeit wahrgenommen, während er ihn um 8 Uhr 52 Min. nicht wieder fand, dagegen an seiner Stelle einige weiße Flecke beobachtete [2]).

Am Abend des 28. März 1884 zwischen 7 Uhr 30 und 50 Minuten beobachtete L. de Ball, Astronom auf der Sternwarte Ougrée bei Lüttich, auf dem breiten südlichen Streifen des Planeten vier auffallend dunkle Flecke. Der Fleck, welcher dem vorangehenden Rand des Jupiter am nächsten lag, begann an dem einen Ende der starken Einbuchtung des Streifens, welche die Stelle der ehedem dort befindlichen rothen Wolke bezeichnet (vgl. dieses Jahrb. XX, S. 37). Der Abstand vom Anfang des ersten bis Ende des letzten Fleckes betrug ungefähr 1/3 des Aequatordurchmessers, die Längsrichtung der Flecke war ungefähr senkrecht zur untern Begrenzungslinie des Streifens, sie reichten beinahe vom untern bis zum obern Ende des Streifens und waren in der Mitte am breitesten. Bemerkenswerth erschien noch der Umstand, daß ein glänzender Riß, der in der Gegend der Flecke den Jupiterstreifen durchsetzte, an der Stelle des dritten und vierten Fleckes sehr matt erschien, zwischen ihnen aber hell; an der Stelle der beiden andern Flecke, wo früher und ebenso später ebenfalls ein heller Riß sichtbar war, konnte bei Anwesenheit der Flecke kein solcher wahrgenommen werden. De Ball schließt daraus, daß diese Flecke Wolken waren, die oberhalb des Streifens und des Risses lagen und daß man durch die dritte und vierte Wolke auf den Riß herabsah [3]).

Saturn. — Die gegenwärtige günstige Stellung des Sa-

1) Astron. Nachr. Bd. 110, Nr. 2631, S. 235.
2) Dies. Nr. 2657, S. 365.
3) Dies. Nr. 2639, S. 391.

turn, bei welcher uns das Ringsystem den Anblick einer ziemlich breiten Ellipse darbietet, hat nicht nur auf den Ringen, sondern auch auf der Oberfläche des Planeten selbst mancherlei bemerkenswerthe Beobachtungen zu machen gestattet. Es haben sich hellere und dunklere Streifen parallel dem Saturnäquator gezeigt, von denen frühere sorgfältige Beobachter, wie William Herschel, Bond, Webb u. A. nichts bemerkt haben, daher die Annahme nahe liegt, daß wir es hier mit noch genauer zu untersuchenden periodischen Erscheinungen zu thun haben.

Nach den Angaben, welche Pater Lamey in Grignon der Pariser Akademie machte [1]), zeigen mehrere seiner Aufnahmen des Saturn aus der Zeit vom 4. bis 12. Februar 1884 die parallelen Streifen, welche bisher gewöhnlich abgebildet wurden. Am 11. April aber wurde er durch ein System krummliniger Streifen überrascht, welche unter sich parallel liefen und mit dem Aequator Winkel von 10 bis 15° einschlossen. Auch am folgenden Abende konnte er die Erscheinung noch beobachten, dann aber verschwand der Planet in der Abenddämmerung, und erst nach einem halben Jahre waren weitere Beobachtungen möglich. Einige Beobachtungen in den drei letzten Monaten 1884 sowie im Januar 1885 ließen erkennen, daß der helle Aequatorstreifen aus kugel- und wulstförmigen Gebilden bestand, ähnlich den weißen Flecken am Aequator des Jupiter; nur schienen dieselben auf dem Saturn höher zu liegen als auf dem Jupiter. Die einzelnen Bestandtheile des Streifens schienen sich manchmal ineinander zu schieben und so die bekannte helle Zone zu bilden; die Trennungslinien hatten oft dieselbe Richtung und verschmälerten sich am Aequator so, daß sie aufhörten sichtbar zu sein; über dem Aequator wurden sie dagegen so breit, daß eine dunkle, gut markirte Zone gebildet ward. Die Grenze dieser beiden Zonen war durch scharf abgegrenzte Einschnitte bezeichnet, deren Breite sich nach der Anzahl und Größe der wulstartigen Bildungen richtete. Ausgefüllt waren die Einschnitte mit einer dunkeln Masse, deren graue Farbe manchmal ins bläuliche neigte und welche sich ohne wesentliche Unterschiede bis zum Pol ausbreitete. Von der lichten Aequatorzone aus gehen auch die dunkeln krummlinigen Streifen, welche zuerst

---

1) Comptes rendus T. 100, p. 336.

im April 1884 bemerkt wurden. Später waren sie weniger ausgedehnt, auch nicht so zahlreich, und endlich waren nur noch die größten gut erkennbar [1]).

Ueber die Photometrie des Saturnringes sind von dem Director der Sternwarte Bogenhausen, Prof H. Seeliger, theoretische Untersuchungen angestellt worden, bei denen derselbe von der Voraussetzung ausgeht, die jetzt als die wahrscheinlichste gilt, daß der Ring nicht eine zusammenhängende feste oder flüssige Masse ist, sondern aus einzelnen, nicht zusammenhängenden Massen, einem Meteorschwarm ähnlich zusammengesetzt ist [2]). Durch die Veröffentlichung dieser Arbeit ist nun Dr. G. Müller veranlaßt worden, die von ihm seit einer Reihe von Jahren auf dem physikalischen Observatorium bei Potsdam mit Zöllner'schen Photometern ausgeführten Helligkeitsmessungen des Saturn gleichfalls der Oeffentlichkeit zu übergeben [3]). Dieselben wurden unternommen in der Absicht, die Abhängigkeit der Helligkeit dieses Planeten von der Lage seines Ringes genauer festzustellen, als dies durch die Untersuchungen von Seidel und Zöllner bereits geschehen ist. Diese Messungen, 150 an der Zahl, wurden in der Zeit vom 21. Juli 1878 bis 18. April 1884 an 140 Tagen ausgeführt. Der Saturn wurde dabei mit der Capella (α im Sternbilde des Fuhrmanns) verglichen, und übrigens wurden die Beobachtungen auf eine bestimmte Entfernung des Planeten von Erde und Sonne, und zwar auf mittlere Opposition, reducirt. Die Ergebnisse sind in umstehender Tabelle (S. 48) zusammengestellt.

Die Zahlen für die Helligkeit des Ringes zeigen nun eine sehr gute Uebereinstimmung mit den aus der Zöllner'schen Theorie abgeleiteten, bei welcher vorausgesetzt ist, daß die Helligkeit des Ringes nicht von dem Einfallswinkel der Sonnenstrahlen abhängt, wie es das Lambert'sche Gesetz verlangt, sondern blos von der Projection der Ringfläche auf eine zur Gesichtslinie

---

1) Anderweite Beobachtungen veröffentlichten Geo. Pratt in den Monthly Notices of the Royal Astron. Soc. Vol. XLIV, p. 85; Holden im Observatory 1885, 74; Kammermann das. p. 114; Gebr. Henry im Bulletin astronomique, T. I, mars 1884.

2) Astron. Nachr. Bd. 109, Nr. 2612, S. 305.

3) Dies. Bd. 110, Nr. 2631, S. 225.

Elevation der Erde über der Ringebene	Helligkeit	
	des Saturn mit dem Ringe	des Ringes allein
0°	0·485	0·000
2	0·526	0·041
4	0·569	0·084
6	0·614	0·129
8	0·659	0·174
10	0·706	0·221
12	0·757	0·272
14	0·807	0·322
16	0·861	0·376
18	0·916	0·431
20	0·975	0·490
22	1·035	0·550
24	1·099	0·614
26	1·164	0·679

senkrechte Ebene. Es würden daher diese Zahlen eine gute Bestätigung der Zöllner'schen Theorie bilden, wenn dieselbe nicht noch eine bei dem heutigen Stande unseres Wissens sehr unwahrscheinliche Annahme machte, die nämlich, daß der Ring eine zusammenhängende Masse bildet. Wie bereits erwähnt, geht Seeliger von der entgegengesetzten, vor einem Vierteljahrhundert von Maxwell und Hirn begründeten Hypothese aus, daß nämlich das Ringsystem ungefähr die Constitution eines Meteorschwarmes habe. Im Uebrigen aber behält er das Lambert'sche Beleuchtungsgesetz bei, nach welchem die Helligkeit proportional dem Sinus des Elevationswinkels der Sonne ist. Von großem Interesse ist daher die von Seeliger in einer spätern Veröffentlichung [1]) mitgetheilte Thatsache, daß seine Theorie bei gehöriger Bestimmung der Constanten Werthe liefert, die sich den von Müller gefundenen noch gut anschließen, wie die in folgender Tabelle (S. 49) verzeichneten Helligkeiten des Saturn mit dem Ringe erkennen lassen. Man darf sich daher wohl der Erwartung hingeben, daß der von Seeliger eingeschlagene Weg zum Ziele führen wird.

Zwischen den mittlern Bewegungen der beiden

1) Astron. Nachr. Bd. 110, Nr. 2639, S. 385.

Elevation der Erde über der Ringebene	Helligkeit des Saturn mit Ring	
	beob. v. Müller	ber. v. Seeliger
0°	0·485	0·499
4	0·569	0·574
8	0·659	0·655
12	0·757	0·743
16	0·861	0·845
20	0·975	0·962
24	1·099	1·104
26	1·164	1·187

Saturnusmonde Titan und Hyperion hat Prof. Hall in Washington bei einer kürzlich unternommenen Discussion seiner Beobachtungen des letzteren, welche für die Umlaufszeit desselben 21·276742 Tage (synodisch 21·318901 Tage) ergab, eine einfache Beziehung entdeckt, die man durch die Gleichung

$$4l' - 3l - \pi' = 180^0 - 18^0. \sin(\pi - \pi')$$

ausdrücken kann, in welcher l die mittlere Länge des Hyperion, π die mittlere Länge seines Perisaturniums und l', π' dieselben Größen für Titan bedeuten.[1])

In einer Abhandlung „Bemerkungen zur allgemeinen Theorie der Störungen"[2]) spricht der Director der Leipziger Sternwarte, Prof. H. Bruns, seine Ueberzeugung dahin aus, daß derartige einfache Relationen wohl keine bloßen Curiosa sein dürften, verursacht durch ein besonderes Zusammentreffen von Umständen, sondern daß wir in ihnen specielle Fälle eines allgemeinen Gesetzes vor uns haben, das für alle mittleren Bewegungen der angulären Elemente des Sonnensystems, und zwar sowohl für Translationen als für Rotationen, zutrifft. Bruns hat dabei besonders die von Laplace bemerkten Beziehungen zwischen den mittleren Längen der drei innern Monde des Jupiter, die Rotation des Erdmondes und eine von Gauß entdeckte Beziehung zwischen den Bewegungen der Pallas und des Jupiter im Auge. Gauß hat in den „Göttinger Gelehrten-Anzeiger" von 1812, Stück 67,

1) Astron. Nachr. Bd. 110, Nr. 2617, S. 1.
2) Dies. Bd. 109, Nr. 2606.

S. 658, auf diese Relation als ein sehr merkwürdiges Ergebniß seiner Berechnung der Pallasstörungen hingewiesen, hat sich aber veranlaßt gesehen, dieselbe dort nur durch eine Chiffre (1111000 100 101 001) auszudrücken. In einem Briefe an Bessel vom 5. Mai 1812 hat er demselben dieses Ergebniß mitgetheilt,[1] „doch mit der Bitte, daß es vorerst ganz unter uns beiden bleibe. Es besteht darin, daß die mittleren Bewegungen von Jupiter und Pallas in dem rationalen Verhältniß von 7:18 stehen, was sich durch die Einwirkung Jupiters immer genau wieder herstellt, wie die Rotationszeit unseres Mondes." Neuerdings hat nun Prof. S. Newcomb in Washington die Richtigkeit dieser Relation geprüft und ist dadurch zu dem Ergebnisse gelangt, „daß wir nicht mit Sicherheit entscheiden können, ob die mittlere Bewegung der Pallas größer oder kleiner als $^{18}/_{7}$ von derjenigen des Jupiter ist." Er fügt indessen hinzu, daß wir daraus nicht auf die strenge Richtigkeit der Gauß'schen Relation schließen dürfen, „denn die Theorie, von welcher sie abhängt, ist verwickelter als man gewöhnlich voraussetzt.

Uranus. — Ueber die Gestalt dieses Planeten sind kürzlich auch von Professor Seeliger auf der Sternwarte Bogenhausen bei München Beobachtungen angestellt worden;[2] derselbe hat sich dazu des neu montirten und mit einem Repsold'schen Positionsmikrometer ausgestatteten dortigen Refractors bedient, dessen Objectiv 10½ Zoll Oeffnung besitzt. Eine Abplattung konnte nicht wahrgenommen werden, und nach Seeligers Ansicht haben auch frühere Beobachtungen eine solche nicht mit Sicherheit nachgewiesen.

Zu dem gleichen negativen Resultate ist übrigens auch Prof. Millesovich an der Sternwarte des Collegio romano gelangt.[3]

Der mittlere Werth des Durchmessers, auf den mittlern Abstand des Planeten von der Erde reducirt, beträgt einer von Seeliger gegebenen Zusammenstellung zufolge nach

1) Briefwechsel zwischen Gauß u. Bessel (Leipzig 1880), S. 170.
2) Sitzungsber. der math.-phys. Classe der Kgl. bayr. Akad. 1884, Heft.
3) Astron. Nachr. Bd. 106, Nr. 2528, S. 125.

Lamont	3·15″	Vogel . . .	3·735
Mädler	4·110	W. Meyer .	4·002
Lassell	3·847	Young . . .	4·127
Engelmann, Bruhns u. a. . .	3·541	Millesovich .	3·633
Kaiser	3·68	Schiaparelli .	3·733,

woraus bei Ausschließung des sicher zu kleinen Lamont'schen Werthes der Mittelwerth 3·823″ folgt.

Seine eigenen Messungen führten Seeliger auf den Durchmesser 3·915″ ± 0·045″.

Interessante Wahrnehmungen sind von Perrotin, Lokyer und Thollon am 18. und 23. März 1884 auf der Oberfläche des Uranus mit dem 14zölligen Aequatorial der Sternwarte zu Nizza gemacht worden.[1]) Die atmosphärischen Verhältnisse waren an beiden Abenden außerordentlich günstige. Am ersteren, gegen 10 Uhr, war das Bild des Uranus ungewöhnlich schön, die Ränder der Scheibe waren scharf begrenzt, gerade das Gegentheil von dem, was gewöhnlich stattfindet. Das allgemeine Aussehen erinnerte in mancher Beziehung an das des Mars. Nach der Mitte zu sah man dunkle Flecke, denen jenes Planeten vergleichbar, und unter dem Positionswinkel von 380° bemerkte man am Rande der Scheibe einen weißen Fleck, der an den Polarfleck des Mars erinnerte. Auf der Scheibe machten sich zwei verschiedene Färbungen geltend: die nordwestliche Hemisphäre (im Fernrohr, in Wirklichkeit die Nordhalbkugel des Planeten) war dunkler, während die südöstliche eine bläulichweiße Färbung zeigte.

Weitere Beobachtungen[2]) haben ergeben, daß der weiße Fleck sich in der Nähe des Aequators, d. h. nahezu in der Ebene der Satellitenbahn, befand. Auf der Scheibe war er schwer und nur unbestimmt wahrnehmbar, besser am Rande, wo er sich von der dunklern Färbung dieser Gegend deutlich abhob. So konnte er am 1. April 1884 gegen 11 Uhr abends am Nordende des Aequatorialdurchmessers, am nächsten Abend 10 Uhr 40 Min. am Südende, und ebenso am 7. April 10 Uhr 30 Min. und am 12. um 11 Uhr beobachtet werden. Die Beobachtungen am 1. April deuteten übrigens darauf, daß

1) Comptes rendus, T. 98, p. 718.
2) Comptes rendus, T. 98, p. 967.

man es nicht mit einem Fleck, sondern mit einem Streifen zu thun hatte, und unter dieser Annahme würden die Beobachtungen sich mit einer Rotationsdauer von ungefähr 10 Stunden vertragen. Auch die dunkeln Flecke ähnelten mehr den Streifen des Jupiter; namentlich wurden sie am 1. April sehr deutlich in dieser Gestalt beobachtet.

Trépied, der bei einem zeitweiligen Aufenthalt am 12. April an den Beobachtungen theilnahm, entdeckte noch in dem weißen Fleck eine bis dahin übersehene Verdichtung.

Auf der Pariser Sternwarte haben Paul und Prosper Henry mit ihrem Refractor von 38 cm Oeffnung seit Anfang des Jahres 1884 zwei geradlinige graue, ungefähr gleich weit vom Mittelpunkt abstehende Banden auf der Scheibe des Uranus beobachtet, zwischen denen sich eine ziemlich helle, wahrscheinlich der Aequatorialregion entsprechende Zone befand. Die beiden Pole erschienen ziemlich dunkel, doch war der obere (im umgekehrten Bild) etwas heller als der andere. Die Richtung der Banden fiel nicht zusammen mit der Projection der großen Achse der scheinbaren Satellitenbahn, sondern bildete mit ihr einen Winkel von 40°. Nimmt man an, daß der Aequator des Uranus parallel den Banden ist, so ergiebt sich zwischen der Ebene des Aequators und derjenigen der Satellitenbahn ein Winkel von ungefähr 41°.[1])

Neptun. — Im Herbst 1883 und ebenso wieder 1884 hat Maxwell Hall auf der Kempshot-Sternwarte auf Jamaika, 5·19 Stunden westlich von Greenwich, den Neptun mit einem Fixstern verglichen, dessen Lichtintensität als unveränderlich vorausgesetzt werden durfte. Es ergaben sich auf diese Weise regelmäßige Lichtveränderungen, die auf eine Drehung des Planeten um seine Achse gedeutet wurden, und aus den Beobachtungen vom 27. November bis 15. December 1883 wurde die Rotationszeit zu 7·92 Stunden bestimmt; unter Berücksichtigung der Beobachtungen vom 24. und 29. November 1884 ergaben sich 7·914 Stunden.[2]) Es bedarf indessen die Hall'sche Bestimmung der Rotationsdauer des Neptun um so mehr anderweitiger Bestätigung, als Dr. Müller auf dem astro-physikalischen Observatorium bei Potsdam im Spätherbst

1) Comptes rendus, T. 98, p. 1419.
2) Nature XXXI, p. 193.

1883 nahezu gleichzeitig mit Hall den Planeten mittels eines Zöllner'schen Photometers untersucht und an ihm keinerlei ungewöhnliche Helligkeitsänderungen erkannt hat.[1]) Ebenso hat Professor Pickering eine größere Zahl von photometrischen Messungen des Neptun veröffentlicht, aus denen sich gleichfalls nicht die geringste Spur einer periodischen Veränderlichkeit seines Lichtes ergiebt.

Kometen.

Komet 1883 II. — Am 7. Januar 1884 entdeckte David Roß, ein junger Liebhaber der Astronomie in Elsternwick bei Melbourne, im Sternbild des Kranichs einen teleskopischen Kometen, der eine rasche Bewegung nach SO. hatte und in Melbourne vom 12. Januar bis 4. Februar, in Windsor, Neu-Süd-Wales, vom 19. Januar bis 2. Februar beobachtet wurde. Aus diesen letzteren Beobachtungen hat J. Tebbutt die folgenden parabolischen Elemente[2]) berechnet:

T = 1883 December 25·30038 m. Greenw. Zt.

$$\left.\begin{aligned} \pi &= 125^0\ 44'\ 23{\cdot}9'' \\ \Omega &= 264\quad 23\quad 59{\cdot}6 \\ i &= 114\quad 59\quad 5{\cdot}2 \end{aligned}\right\}\ \text{mittl. Aeq. 1884.0.}$$

q = 0·3097750.

Die Bewegung dieses Kometen war retrograd. Weil er noch im December 1883 durch das Perihel ging, so ist er als Komet 1883 II zu bezeichnen. Uebrigens ist derselbe der dritte teleskopische Komet, der auf der Südhälfte der Erde entdeckt worden ist. Die beiden frühern Entdeckungen erfolgten auf der früher in Paramatta, Neu-Süd-Wales, befindlichen Sternwarte, und zwar 15. Juli 1824 durch Rümker und Ende September 1833 durch Dunlop.

Komet 1884 I — ist der bereits im vor. Jahrg. dieses Jahrb. S. 50 u. f. besprochene Pons'sche Komet. Dem dort Erwähnten sei noch hinzugefügt, daß E. v. Gothard in Herény für die hellen Streifen im Spectrum dieses Kometen die

---

1) Astron. Nachr. Bd. 109, Nr. 2600, S. 121.

2) Dieselb. Bd. 108, Nr. 2588, S. 375. Diese Elemente stimmen gut überein mit den von Oppenheim in den Astron. Nachr. Bd. 108, Nr. 2583, S. 275 gegebenen.

folgenden Werthe der Wellenlängen, ausgedrückt in Milliontel-Millimeter, gefunden hat:[1])

	I. Streifen	II. Streifen	III. Streifen
Kante	563·2	516·6	473·4
Brechbareres Ende	538·7	498·2	462·7.

Außerdem wurde noch einigemal ein vierter Streifen bei 483·8 beobachtet.

Messungen an der Hydrurgas-Flamme eines Bunsen-Brenners gaben für die Kanten der drei ersten Streifen

563·2 516·5 474·0,

und als Gothard zwischen zwei ungefähr 8 mm entfernten Spitzen in schwach verdünntem Hydrurgas schwache elektrische Funken überspringen ließ, erschien im Spectrum bei 485·9 eine ziemlich helle Linie, die möglicherweise mit dem vierten Streifen identisch war.

Brorsen's Komet. — Der am 26. Februar 1846 von Brorsen in Kiel entdeckte periodische Komet von ungefähr 5 1/2 Jahr Umlaufszeit ist wahrscheinlich um Mitte September des vorigen Jahres zu seinem Perihel zurückgekehrt, ohne daß es indessen gelungen ist, denselben zu beobachten, was zunächst wohl dem Mangel einer Aufsuchungs-Ephemeride zuzuschreiben ist. Die Umlaufszeit dieses Kometen hat sich infolge der Störungen durch die Planeten seit seiner Entdeckung beständig vermindert, wie aus der folgenden Zusammenstellung der beobachteten Periheldurchgänge und Umlaufszeiten hervorgeht[2]):

1846	Februar	25·37 m. Greenw. Zt. . . .	2034·1	Tag
1857	März	29·25 " " " . . .	2022·7	"
1868	April	17·41 " " " . . .	2002·4	"
1873	October	10·48 " " " . . .	1999·4	"
1879	März	30·54 " " " . . .	1994·9	"

Wegen ungünstiger Lage des Perihels konnte der Komet 1851 und 1852 nicht beobachtet werden. Seine gegenwärtige Bahn verdankt er den Störungen durch Jupiter, dem er am 27. Mai genannten Jahres auf 0·0547 Erdbahnhalbmesser nahe kam, wodurch die frühere Neigung der Bahn der Berechnung des Dr. Harzer zufolge um ungefähr 15° vermindert wurde.

---

1) Astron. Nachr. Bd. 109, Nr. 2599, S. 103.
2) Nature XXX, p. 300.

Die gleiche Ursache hat wahrscheinlich auch schon 1759—60 eine große Störung der Elemente verursacht und wird nach D'Arrest auch 1937 wieder eine solche veranlassen.

Komet 1884 II — wurde am 16. Juli von E. E. Barnard in Nashville, Tennessee entdeckt und bald darauf auch anderwärts beobachtet, so in Algier vom 23. Juli an, in Melbourne vom 24. Juli ꝛc. Er erschien immer als ein schwacher, verwaschener Nebel, zeitweilig eine Verdichtung zeigend, und entschwand um Mitte November den Blicken der Beobachter wieder. Am längsten, bis 20. November, reichen die Nizzaer Beobachtungen. Sehr bald wurden parabolische Elemente seiner Bahn berechnet;[1]) da aber der Anschluß an die Beobachtungen nicht genügend war, so berechneten A. Berberich in Straßburg und Prof. E. Frisby in Washington die folgenden elliptischen Elemente:[2])

	Berberich	Frisby	
$T =$	1884 Aug. 16·48346	Aug. 16·28953	m. Greenw. Zt.
$\pi =$	306° 7′ 31·1″	306° 10′ 9·4″	mittl. Aeq. 1884·0,
☊ $=$	5 3 50·2	5 23 51·2	
$i =$	5 28 49·6	5 24 48·7	
$e =$	0·58866	0·57142	
$a =$	3·11450	2·97960	
Umlaufszeit	2007·9 Tag	1878·65 Tag.	

Diese Elemente zeigen große Aehnlichkeit mit denen des periodischen Kometen, den de Vico am 22. August 1844 in Rom entdeckte. Obwohl aber auch die Umlaufszeit nahezu mit der von Brünnow für den de Vico'schen Kometen berechneten übereinstimmt, so ist doch eine Identität beider nicht anzunehmen; denn einestheils sind von 1844 bis 1884 keine ganze Anzahl Umläufe des de Vico'schen Kometen verstrichen, anderntheils war der de Vico'sche Komet auch in ähnlicher Stellung wie der Barnard'sche mit bloßem Auge erkennbar.

Komet 1884 III, — ebenfalls teleskopisch, wurde 17. September von Max Wolf im Heidelberg im Sternbild des Schwans entdeckt. Es zeigte sich bald, daß er ebenfalls zu den perio-

1) Von Chandler Astron. Nachr. Bd. 109, Nr. 2606, S. 225; Oppenheim Nr. 2607, S. 237; Weiß Nr. 2608, S. 253; Stechert Nr. 2609, S. 271; Ravené Nr. 2615, S. 365.

2) Astron. Nachr. Bd. 109, Nr. 2615, S. 365 u. Bd. 110, Nr. 2633, S. 271.

dischen Kometen mit kurzer Umlaufszeit gehört, und Prof. Krueger in Kiel hat für denselben folgende elliptische Elemente berechnet:[1])

T = 1884 Nov. 17·75494 m. Greenw. Zt.

π = 19° 3′ 16·5″ ⎫
☊ = 206 22 16·8 ⎬ mittl. Aeq. 1884·0,
i = 25 15 10·4 ⎭
e = 0·55996
a = 3·57222

Umlaufszeit 2466·06 Tag.

Wenn der Komet vorher immer diese Bahn gehabt, so muß er 1864 August 16·6, 1871 Mai 18·7 und 1878 Februar 16·7 durch sein Perihel gegangen sein und wird 1891 August 19·8 wieder zu demselben zurückkommen. Indessen war die Lage des Perihels 1878 wie 1871 ungünstig für die Sichtbarkeit des Kometen, während die Erscheinung 1891 wieder günstig sein würde, und ebenso müßten die Verhältnisse 1864 günstig gewesen sein. Nun hat aber Krueger darauf hingewiesen, daß der Komet wahrscheinlich im Jahr 1875 bedeutende Störungen durch den Jupiter erlitten hat, dem er sich damals am 28. Mai bis auf 0·09 Erdbahnhalbmesser näherte. R. Lehmann-Filhés in Berlin hat deshalb nach der von Laplace angegebenen Methode, welche auch von Burckhard auf den Lexell'schen Kometen angewandt worden ist, die Bewegung des Wolf'schen Kometen in seiner Jupitersnähe im Jahr 1875 zu berechnen versucht.[2]) Dabei ergab sich eine Ablenkung durch die Anziehung des Jupiter von 26·8° und die Bahn vor der Jupitersnähe würde dieser allerdings auf sehr unsichern Grundlagen ruhenden Rechnung zufolge eine Ellipse mit der großen Halbachse a = 4·613 und einer Umlaufszeit von 3619 Tagen gewesen sein; der letzte Periheldurchgang vor der Annäherung an den Jupiter hätte 1868 September 24 stattgefunden.

Im Jahre 1884 ist endlich noch ein dritter periodischer Komet mit kurzer Umlaufszeit beobachtet worden, nämlich der Encke'sche Komet, der zuerst von Tempel in Arcetri

1) Astron. Nachr. Bd. 110, Nr. 2629, S. 207; nahezu damit übereinstimmend sind die später von Thraen gegebenen in Nr. 2634, S. 287.

2) Dies. Bd. 110, Nr. 2632, S. 255

13. December als ein schwacher, nebliger Schein aufgefunden, sodann aber auch am 2. und 3. Januar 1885 von Trépied in Algier und am letztgenannten Tage von Schur in Straßburg beobachtet worden ist.

Die Kometen von 1433, 1449 und 1457. — In den Manuscripten des Florentiners Paolo dal Pozzo Toscanelli, welche in der National-Bibliothek in seiner Vaterstadt aufbewahrt werden, hat man neuerdings auch Beobachtungen der Kometen von 1433, 1449, 1456, 1457 und 1472 gefunden, welche darthun, daß dieser berühmte Kosmograph auch ein für seine Zeit sehr tüchtiger astronomischer Beobachter war. Er hat nämlich nach dem Augenmaße die Stellungen jedes dieser Kometen an verschiedenen Tagen zu den Hauptsternen der Sternbilder, durch welche er ging, bildlich dargestellt.

Für den erstgenannten Kometen, den des Jahres 1433, welcher in China vom 24. September an 24 Tage sichtbar blieb, am 15. September mit etwa 10° langem Schweife in der Gegend von $\theta, \iota, \varkappa$ des Bootes, am 2. October in der nördlichen Krone und am 12. October bei α im Schlangenträger stand, haben schon Hind und Laugier aus den Angaben der chinesischen Chroniken Bahnelemente berechnet. Neuerdings hat nun G. Celoria, 2. Astronom der Sternwarte der Brera in Mailand, aus den vom 4. bis 31. October reichenden Aufzeichnungen Toscanelli's folgende parabolische Elemente abgeleitet:[1])

$$T = 1433 \text{ Nov. } 7{\cdot}7766 \text{ m. Par. Zt.}$$

$$\left.\begin{array}{l} \pi = 285^0 \quad 39{\cdot}5' \\ \Omega = \quad 96 \quad 20{\cdot}3 \\ i = 104 \quad 0{\cdot}1 \end{array}\right\} \text{wahres Aeq. des 4. Oct. 1433.}$$

$$q = 0{\cdot}49277.$$

Während von diesem Kometen bereits früher bekannt war, daß man ihn auch in Europa gesehen, hatte man von demjenigen des Jahres 1449 bisher nur durch chinesische Quellen Kunde. Diesen zufolge erschien er am 20. December bei α im Schlangenträger, ging dann durch den Skorpion, hatte einen 2° langen Schweif und blieb bis 12. Januar 1450 sichtbar. Ein am 19. Januar 1450 gleichfalls in China gesehener Komet war jedenfalls mit ihm identisch. Toscanelli's Beobachtungen reichen

1) Astron. Nachr. Bd. 109, Nr. 2599, S. 109.

nun vom 26. December 1449 bis zum 13. Februar 1450, und aus ihnen hat Celoria die nachstehenden parabolischen Elemente berechnet: [1])

T = 1449 Dec. 9·3747 m. Par. Zt.

$\pi = 258^0\ 9{\cdot}8'$
☊ $= 261\ 17{\cdot}8$
$i = 155\ 40{\cdot}5$
} wahres Aeq. 1450·0.

$q = 0{\cdot}32741.$

Der Komet von 1456 ist der berühmte Halley'sche, über den Pingré in seiner Cometographie äußert: „Dieser Komet kann keinen höheren Grad der Helligkeit entwickeln als wenn er im Monat Juni durch seine Sonnennähe geht; er ist im Perihel selbst sichtbar, und wenn er diesen Punkt überschritten, fährt er fort sich der Erde zu nähern, weshalb seine Helligkeit noch einige Tage hindurch zunimmt." Pingré setzte damals auf die unbestimmten Angaben in europäischen Chroniken hin das Perihel auf Juni 8, 22 Std. 10 Min. mittl. Pariser Zeit fest. Im Jahr 1846 hat dann Biot chinesische Berichte über diesen Kometen veröffentlicht, aus denen hervorgeht, daß er in China schon am Morgen des 27. Mai 1456 entdeckt wurde. Die neuerdings aufgefundenen Beobachtungen Toscanelli's reichen vom 8. Juni bis 8. Juli und aus ihnen hat Celoria folgendes Elementensystem bestimmt

T = 1456 Juni 8·20875 m. Par. Z.

$\pi = 298^0\ 56'\ 47''$
☊ $= 43\ 46\ 4$
$i = 17\ 37\ 27$
} Aeq. 1456·5.

$e = 0{\cdot}96782$
$q = 0{\cdot}58027$

Bewegung retrograd

Aus dem Jahr 1457 sind zwei Kometen zu erwähnen. Von dem ersten sagen die chinesischen Chroniken nach John Williams nur, daß er am 14. Januar bei den Hyaden stand und in südöstlicher Richtung weiter ging; europäische Beobachtungen waren bisher nicht bekannt. Toscanelli hat denselben aber vom 23. bis 27. Januar beobachtet und aus dessen Aufzeichnungen findet Celoria: [2])

---

1) Astron. Nachr. Bd. 109, Nr. 2609, S. 265.
2) Dies. Bd. 110, Nr. 2627, S. 171.

$$\left.\begin{array}{rl} T = & 1457 \text{ Jan. } 17{\cdot}9859 \text{ m. Par. Zt.} \\ \pi = & 84^0\ 33{\cdot}5' \\ ☊ = & 249\ \ 39{\cdot}3 \\ i = & 13\ \ 15{\cdot}7 \end{array}\right\} \text{wahres Aeq. } 1457{\cdot}0.$$
$$q = 0{\cdot}70337.$$

Von dem zweiten, im Sommer erschienenen Kometen von 1457 hat Hind nach den chinesischen Angaben eine Bahn berechnet. Die Beobachtungen Toscanelli's umfassen die Zeit vom 6. Juli bis 4. August, und aus ihnen hat Celoria gefunden:

$$\left.\begin{array}{rl} T = & 1457 \text{ Aug. } 8{\cdot}0071 \text{ m. Par. Zt.} \\ \pi = & 9^0\ 32{\cdot}3' \\ ☊ = & 184\ \ 24{\cdot}2 \\ i = & 9\ \ 51{\cdot}7 \end{array}\right\} \text{wahres Aeq. } 1457{\cdot}5.$$
$$q = 0{\cdot}76043$$

Komet von 1729. — Dieser am 31. Juli 1729 von Peter Sarabat in Nimes entdeckte teleskopische Komet, den dann Cassini in Paris bis 18. Januar 1730 beobachtete, ist deshalb besonders merkwürdig, weil er unter allen bisher beobachteten zur Zeit seiner Sonnennähe den größten Abstand von der Sonne und von der Erde besaß. Diese Bemerkung, die schon 1780 Pingré in seiner „Cometographie" machte, ist auch heute noch richtig. Zur Zeit seiner Entdeckung betrug der Abstand von der Erde 65 Millionen Meilen, sein kleinster Abstand von der Sonne war 84 Millionen Meilen. Parabolische Bahnen sind früher von Douwes, Lacaille, Maraldi, Kies, Delisle und Burckhardt berechnet worden, welcher letztere auch hyperbolische Elemente gegeben hat; neuerdings hat nun auch Hind mit Benutzung von Burckhardt's Reductionen der Cassini'schen Beobachtungen vom 3. September, 10. November und 16. Januar parabolische Elemente ermittelt, die hier folgen:[1])

$$\left.\begin{array}{rl} T = & 1729 \text{ Juni } 16{\cdot}15422 \text{ m. Par. Zt.} \\ \pi = & 321^0\ 2'\ 46{\cdot}1'' \\ ☊ = & 310\ \ 37\ \ 8{\cdot}3 \\ i = & 77\ \ 4\ \ 6{\cdot}0 \end{array}\right\} \text{mittl. Aeq. } 1730{\cdot}0.$$
$$q = 4{\cdot}05054.$$

Die nächst größte Perihelbistanz, nämlich (nach Maraldi) 2·198 Erdbahnhalbmesser, kommt dem am 13. August 1746

1) Nature XXX, p. 519.

von Chéseaux in Lausanne entdeckten Kometen zu, der Anfang April des nächsten Jahres durch sein Perihel ging.

Komet 1858 III. — Für diesen am 2. Mai 1858 von Tuttle entdeckten und in Cambridge, Massachusetts, bis 12. Mai, sowie in Ann Arbor vom 9. Mai bis 1. Juni beobachteten Kometen hat Schulhof in Paris elliptische Elemente berechnet[1]), denen zufolge auch dieser Komet zu den periodischen mit kurzer Umlaufszeit gehört, und zwar beträgt die letztere ungefähr 6·6 Jahr, so daß also im vergangenen Jahr eine Wiederkehr desselben zu erwarten war. Indessen sind diese Elemente mit großen Unsicherheiten behaftet, wozu noch kommt, daß der Komet in den Jahren 1879 und 1880 dem Jupiter sehr nahe, den wahrscheinlichsten Elementen zufolge bis in die Entfernung von 0·074 Erdbahnhalbmesser, kam, also wohl auch beträchtliche Störungen erlitten hat. Zwar fand R. Spitaler auf der Wiener Sternwarte beim Suchen nach diesem Kometen an einer Stelle, welche mit der von Schulhof gegebenen Aufsuchungsephemeride gut übereinstimmt, am 26. Mai 1884 drei schwache, bisher unbekannte Nebel, von denen der eine, ein schwaches, rundes Object mit merklicher Verdichtung, nicht wieder gesehen ward, als nach längere Zeit andauerndem schlechten Wetter diese Gegend des Himmels am 17. und 18. Juni wieder durchmustert wurde. Da aber am 20. Juni bei ziemlich durchsichtiger Luft an der Stelle, die der verschwundene Nebel eingenommen habe würde, wenn er wirklich der gesuchte Komet gewesen wäre, Nichts gefunden wurde, so ist es sehr fraglich, ob jener Nebel wirlich der Komet 1858 III gewesen ist[2]).

Schließlich gedenken wir noch einer Arbeit „Ueber die physische Beschaffenheit der Kometen", welche Dr. A. Markuse veröffentlicht hat (Berlin 1884) und welche hauptsächlich den Zweck verfolgt, die kometarischen Bewegungserscheinungen auf bekannte Kräfte zurückzuführen. Abgesehen von der Bewegung in der Bahn sind aber zwei Arten von Bewegung der Kometenmaterie beobachtet worden: die Schwing-

1) Astron. Nachr. Bd. 108, Nr. 2592, S. 425; Aufsuchungs-Ephemeride in Nr. 2590, S. 403; eine neuere Ephemeride von Schulhof befindet sich in den Astron. Nachr. Bd. 110, Nr. 2640, S. 407.

2) Diese Bd. 110, Nr. 2601, S. 143.

ungen der merkwürdigen Ausströmungen, welche am Kopf mancher Kometen auftreten, und die Bewegungen der Schweiftheilchen. Bessel, der diese Ausströmungen am Halley'schen Kometen näher untersucht hat, ist nun zu dem Resultat gekommen, daß die Gravitation zwar im Stande ist, der Ausströmungsfigur eine Bewegung von sehr langer Periode zu ertheilen, daß sie aber nicht so rasch vor sich gehende Schwingungsbewegungen zu erzeugen vermag, wie sie bei den Ausströmungen der Kometen beobachtet worden sind. Deshalb nimmt er eine von der Gravitation verschiedene Kraft als Ursache jener Bewegungen an. Auch die Kraft, welche die zweite Bewegungsart hervorruft, ist von der allgemeinen Massenanziehung wesentlich verschieden und kann sogar Wirkungen herbeiführen, welche denen der Gravitation entgegengesetzt sind. Nach Schiaparelli bezeichnet man die bei den Kometenerscheinungen thätige Kraft als „elektive Attraction". Dieselbe ist von der allgemeinen Massenanziehung besonders dadurch verschieden, daß sie von der Beschaffenheit, nicht blos von der Quantität der Materie abhängt. Die Sonne übt auf die Einheit der Masse in der Entfernung Eins die Anziehung k^2/r^2 aus, und dabei hat k, die sogenannte Gauß'sche Constante, immer denselben Werth, bei Planeten, wie bei Kometen und Meteoren; die bei der elektiven Attraction in gleicher Weise in Betracht kommende Constante μ ändert sich aber je nach Beschaffenheit der Materie. Uebrigens hat schon Bessel in seiner Arbeit über den Halley'schen Kometen dargethan, daß die elektive Attraction eine Polarkraft ist, denn sie ändert die Bewegung des Kometen in seiner Bahn durchaus nicht; und wenn Bessel auch in jener Abhandlung die Frage offen läßt, ob wir es bei den Kometenerscheinungen mit einer elektrischen oder magnetischen Kraft zu thun haben, so spricht er sich doch in einem an Olbers gerichteten Briefe für die elektrische Natur dieser Polarkraft aus. Später haben spectroskopische Erscheinungen es sehr wahrscheinlich gemacht, daß das Eigenlicht der Kometen der Elektricität seinen Ursprung verdankt, und Zöllner hat die Erscheinungen der Kometenschweife auf elektrische Wirkungen zurückzuführen gesucht. Im Anschluß daran und unter Berücksichtigung der spectralanalytischen Ergebnisse hat nun Prof. Bredichin in Moskau genauere Untersuchungen über die Natur der Kometen-

schweife angestellt und drei Typen derselben unterschieden, je nach der Größe von μ im Vergleich zur Attraction der Sonne (vgl. dieses Jahrb. XV, S. 45); in der Folge ist er dann zu der Ansicht geführt worden, daß diese Unterschiede von dem Vorwalten von Wasserstoff, Kohlenstoff oder Eisen in den Schweifen herrühren (dieses Jahrb. XVI, S. 29).

Markuse hält es nun für möglich eine vollständigere Erklärung der Bewegungen der Kometenmaterie zu erlangen durch Zuhilfenahme magnetischer Kräfte neben den elektrischen. Schon der enge Zusammenhang der elektrischen und magnetischen Erscheinungen spricht dafür, daß, wo die ersteren eine wichtige Rolle spielen, auch die letzteren nicht fehlen, und dann weiß man seit Faraday, daß ein genügend starker Magnet auf alle Körper eine Wirkung ausübt: Die paramagnetischen werden von seinen Polen angezogen, die diamagnetischen abgestoßen. Markuse ist dadurch zu der Hypothese gekommen, daß die normalen Schweife aus diamagnetischen Körpertheilchen bestehen, während die anomalen Schweife aus Theilen mit paramagnetischen Eigenschaften zusammmengesetzt sind. Zur Prüfung dieser Hypothese benutzt unser Autor einestheils die spectroskopischen Beobachtungen, anderntheils die Arbeiten Schiaparelli's. Durch die ersteren ist das Auftreten von Kohlenwasserstoffverbindungen, von Stickstoff und Natrium auf den Kometen nachgewiesen. Alle diese Körper sind diamagnetisch, und zwar Wasserstoff stark, Kohlenstoff, Stickstoff und Natrium schwach. Dadurch würden sich die von der Sonne abgewandten normalen Schweife erklären. Was die der Sonne zugewandten anomalen Schweife anlangt, so zieht Markuse aus den Beobachtungen Schiaparelli's den Schluß, daß diese Schweife zur Bildung der Meteorströme beitragen können, woraus er weiter schließt, daß sie hauptsächlich aus Eisen bestehen, welches stark paramagnetisch ist. Bezüglich der Schwingungen der Ausströmungsfigur findet Markuse das Beobachtungsmaterial noch zu dürftig, um sichere Schlüsse daraus zu ziehen; er begnügt sich deshalb mit dem Hinweis der Analogie dieser Schwingungen mit denen einer Magnetnadel.

Sternschnuppen und Feuerkugeln.

Radiationspunkte größerer Feuermeteore. Für derartige verhältnißmäßig seltene, kaum drei Procent der

Gesammtzahl bildenden Meteore, welche den Jupiter an Glanz übertreffen, hat W. F. Denning in Bristol aus langjährigen Beobachtungen folgende Radianten abgeleitet.[1])

Nr.	Epoche	Radiant Rectasc.	Radiant Decl.	Nächster Stern
I.	Jan. 1. — 3.	230°	+ 51°	β Bootes
II.	„ 4. — 12.	57	— 12	γ Eridanus
III.	März 1. — 4.	300	+ 80	κ Cepheus
IV.	„ 30. — April 7.	27	+ 18	α Widder
V.	April 11. — 12.	106	+ 46	16 Luchs
VI.	„ 19. — 20.	274	+ 37	α Leier
VII.	„ 19. — 23.	258	+ 37	τ Herkules
VIII.	„ 19. — 23.	210	— 9	κ Jungfrau
IX.	„ 29. — Mai 5.	335	— 9	Θ Wassermann
X.	Juni 3. — 7, 17.	247	— 25	α Scorpion
XI.	Juli 25. — 30.	326	— 9	β Wassermann
XII.	„ 25. — 30.	8	+ 34	β Andromeda
XIII.	„ 25. — 31.	338	— 11	δ Wassermann
XIV.	„ 25. — 31.	303	+ 12	α Adler
XV.	„ 25. — Aug. 1.	32	+ 53	χ Perseus
XVI.	Aug. 9. — 11.	4	+ 56	η Perseus
XVII.	„ 9. — 11.	12	+ 30	β Andromeda
XVIII.	„ 9. — 11.	335	+ 73	β Cepheus
XIX.	„ 9. — 11.	284	+ 62	ο Drache
XX.	„ 9. — 11.	312	+ 50	α Schwan
XXI.	„ 19. — 22.	330	+ 69	β Cepheus
XXII.	„ 19. — 25.	291	+ 60	δ Drache
XXIII.	Sept. 1. — 4.	306	+ 54	α Schwan
XXIV.	„ 6. — 15.	61	+ 36	ε Perseus
XXV.	„ 10. — 25.	336	+ 35	π Pegasus
XXVI.	Oct. 2.	225	+ 52	β Bootes
XXVII.	„ 15. — 22.	92	+ 15	ξ Orion
XXVIII.	„ 15. — 22.	106	+ 23	ε Zwillinge
XXIX.	„ 17. — 22.	40	+ 20	ε Widder
XXX.	„ 17. — 26.	247	+ 41	η Herkules
XXXI.	„ 25. — Nov. 7.	48	+ 22	ε Widder
XXXII.	Nov. 5. — 8.	58	+ 16	γ Stier
XXXIII.	„ 12. — 14.	148	+ 23	γ Löwe
XXXIV.	„ 19. — 23.	62	+ 22	ε Stier
XXXV.	„ 27.	29	+ 46	γ Andromeda
XXXVI.	Dec. 6. — 8.	80	+ 23	ζ Stier
XXXVII.	„ 6. — 12.	106	+ 32	α Zwillinge

1) Monthly Notices, XLIV, April 1884.

Derselbe Beobachter hat auch neuerdings die Aufmerksamkeit auf die Erscheinung gelenkt, [1]) daß manche Radianten Monate hindurch Meteore ausstreuen, während inzwischen die Erde die Richtung ihrer Bewegung vollständig ändert. Einer der thätigsten Radianten, bei dem auch zugleich die lange Dauer des Phänomens am bestimmtesten nachgewiesen ist, liegt im südlichen Ende des Fuhrmanns, etwas nordöstlich von einer Linie, welche die Sterne ι im Fuhrmann und β im Stier verbindet. Gegen Ende Juli beginnt die Thätigkeit, die nun mehrere Monate lang fortdauert und vom 8. bis 15. October, sowie 7. und 20. November am lebhaftesten ist. Die sinnreiche Theorie, welche die Meteorströme mit den Kometen identificirt, läßt nur eine kurze Dauer derartiger Ströme zu, und wenn auch für einen Schwarm von ungewöhnlicher Größe oder für einen der Erde gerade entgegenkommenden die Dauer eine längere wäre, so könnte doch der Ausstreuungspunkt nicht eine vollständig feste Stellung unter den Sternen bewahren. Während aber einige zweifellos kometarische Meteorschwärme existiren, welche alle von der Theorie geforderten Erscheinungen darbieten, giebt es viele andere Schwärme mit stationären, Monate lang thätigen Radianten.

Denning hat daran gedacht, daß solche langdauernde Radianten terrestrischen Meteorschwärmen angehören mögen, die in excentrischen Bahnen um die Erde laufen und deren Erdnähe nahe der obern Grenze unserer Atmosphäre liegt. Es bedürfte dann noch eines eigenen widerstehenden Mittels, wie beim Encke'schen Kometen, oder auch der Annahme, daß bei dem Durchgang durch das Perigäum die Meteorite in die äußersten Schichten der Atmosphäre gelangen, deren Widerstand genügt, die Geschwindigkeit soweit zu vermindern, daß eine Verengerung der Bahn eintritt, obgleich die Dichte nicht ausreicht, die Körperchen zum Glühen zu bringen. Indessen erheben sich doch allerlei Bedenken gegen eine solche Ansicht, von denen Denning besonders das eine hervorhebt, daß die Meteore solcher terrestrischer Ströme eine große Gleichmäßigkeit in der Geschwindigkeit zeigen müßten, welche Lage auch ihre Radianten gegen die Richtung der Bewegung der Erde haben mögen; dem widersprechen aber die Beobachtungen.

1) Nature XXXL, p. 463.

Es ist daher die Frage nach dem Ursprung dieser Meteore mit lange Zeit hindurch thätigen Radianten noch eine offene, welche weitere Untersuchung verdient. Noch gedenkt Denning des offenbar intermittirenden Charakters mancher solcher Ströme, und er meint, daß diese Veränderungen wohl bestimmte Perioden von kurzer Dauer haben mögen.

In diesem Zusammenhang erwähnt Denning auch die teleskopischen Sternschnuppen, die er viel weiter entfernt glaubt als die mit bloßem Auge sichtbaren, weshalb er auch eine die gewöhnliche Annahme weit übertreffende Höhe unserer Atmosphäre für höchst wahrscheinlich hält. Diese teleskopischen Sternschnuppen sind äußerst zahlreich; nach Dennings Beobachtungen übertreffen sie die Zahl der auffälligeren Objecte dieser Art um das Vierzigfache. Wahrscheinlich giebt es sehr reiche Schwärme, die man nur mit dem Fernrohr beobachten kann, während andererseits dem bloßen Auge sichtbare sehr reiche Sternschnuppenschwärme arm an teleskopischen Meteoren sind. Zu diesen scheinen die Geminiden zu gehören, wofür eine Wahrnehmung von Lewis Swift in Rochester spricht. Als derselbe am 12. December 1877 vier und eine halbe Stunde lang nach Kometen suchte, bemerkte er eine große Anzahl mit bloßem Auge sichtbare Sternschnuppen, die oft, wenn er das Auge vom Fernrohr zurückzog, seine Aufmerksamkeit ablenkten und deren Anzahl während der Dauer der Beobachtung er auf 10 000 schätzte. Dagegen sah er während dieser Zeit durch das $1\frac{1}{2}^{\circ}$ umfassende Gesichtsfeld seines Fernrohrs mit Sicherheit nur 2 Sternschnuppen gehen und eine ungewiß, während sie sonst meist häufig sind.

Schließlich sei hier noch einer Arbeit von Joseph Kleiber in Petersburg über die Zahl der zur Erde niederfallenden Sternschnuppen und die Erfüllung des interplanetarischen Raumes mit diesen Körpern gedacht.[1]) Den Beobachtungen von Coulvier-Gravier und Jul. Schmidt zufolge erblickt ein einzelner Beobachter durchschnittlich 10 Sternschnuppen in der Stunde, und da andererseits nach Untersuchungen von Newton und Beobachtungen von Kleiber diese Zahl 0·232 der überhaupt über

1) Astron. Nachr. Bd. 111, Nr. 2657, S. 261.

dem Horizont eines Beobachters verbrennenden Meteore ist, so beträgt diese letztere Anzahl stündlich 43. Nach Newton ist aber die Zahl der überhaupt zur Erde niederfallenden das 10 460 fache der Anzahl der über einem bestimmten Horizonte verbrennenden Sternschnuppen; die Zahl der ersteren ist also ungefähr 450 000, und wenn das mittlere Gewicht 5 g beträgt, so fallen stündlich 2250 kg kosmischen Stoffes zur Erde nieder. Wie Kleiber in seiner „Astronomischen Theorie der Sternschnuppen" (Petersburg 1884, in russischer Sprache) näher dargethan, würde diese Zahl um 1/5 kleiner werden, wenn die Erde still stände und keine Anziehung ausübte. Hieraus schließt derselbe, daß die mittlere Dichte des staubförmigen, aus Meteormassen gebildeten interplanetarischen Mediums in der mittleren Entfernung der Erde von der Sonne der 10 000 trillionste Theil (1/10000 000000 000000 000000) von der Dichte des Wassers ist. Da hierbei die teleskopischen Meteore nicht mit berücksichtigt sind, so giebt uns diese Zahl nur eine untere Grenze an. Eine obere Grenze, nämlich ein Trilliontel, findet Kleiber aus der Thatsache, daß die Leuchtkraft der Sonnencorona diejenige des Vollmondes nicht übersteigt. Was den Zusammenhang der Dichte mit dem Abstand von der Sonne anlangt, so ist dieselbe nach Leo Keller's Untersuchungen (Math. Zeitschr. der Studenten der St. Petersb. Univ. 1884) umgekehrt proportional dem Quadrat jenes Abstandes, wobei parabolische Bahnen für die Meteore angenommen sind.

Fixsterne.

Benutzung der Photographie zur Herstellung von Sternkarten.[1]) Auf der Pariser Sernwarte ist man seit längerer Zeit mit der Vollendung des von Chacornac begonnenen ekliptischen Atlas beschäftigt, der auf 72 Blättern von 32 cm Seite alle Sterne bis herab zur 13. Größe innerhalb einer 5° breiten ekliptischen Zone enthalten soll. Von diesem Atlas sind 36 Blätter mit 60 000 Sternen in den Jahren 1854 bis 1863 von Chacornac selbst veröffentlicht worden, dann aber trat durch seinen Tod eine längere Unterbrechung ein, bis das Unternehmen 1872 von den Gebrüdern

1) Comptes rendus T. 99, p. 305.

Henry wieder aufgenommen wurde, die nun ihrerseits vor Jahresfrist schon 16 Blätter mit 36 000 Sternen vollständig und 4 Blätter mit 15 000 Sternen nahezu vollendet hatten. Dann aber fanden sie es unmöglich, die Arbeit in der bisherigen Weise durch wirkliches Einzeichnen der einzelnen Sterne fortzuführen, weil sie in das Bereich der Milchstraße gelangt waren, wo es galt, 15—18 000 Sterne auf ein Blatt aufzunehmen. Sie nahmen daher ihre Zuflucht zur Photographie, und die Proben, welche sie am 18. August 1884 der Pariser Akademie vorlegten, zeigten einen guten Erfolg ihrer Versuche. Dieselben sind mit einem Fernrohr von 16 cm Objectivöffnung und 2·1 m Brennweite für die chemischen Strahlen mit sehr empfindlichen Gelatine-Bromür-Platten von Garcin in Lyon durch 45 Minuten lange Exposition erhalten worden, und es giebt ein solches Cliché auf einem Raum von weniger als 1 qdm ein Stück der Himmelskugel von 3° Ausdehnung in Rectascension und 2° in Declination mit etwa 1500 Sternen von der 6. bis zur 12. Größe, d. h. bis zur Grenze der Sichtbarkeit für das benutzte Fernrohr. Die Durchmesser der einzelnen Sterne sind ungefähr ihrer Helligkeit proportional, nur die gelben erscheinen etwas schwächer.

Der gute Erfolg dieser ersten Versuche veranlaßte nun die Gebrüder Henry zur Herstellung eines größern Apparates mit einem Objectiv von 34 cm Oeffnung, mit dem sie auch Sterne 13. und selbst 14. Größe aufzunehmen hofften.

A. Ainslie Common, der auf dem Gebiete der Astrophotographie in hervorragender Weise thätig gewesen ist, hat in neuerer Zeit mehrere auf diesen Gegenstand bezügliche Abhandlungen veröffentlicht.[1]) Er weist darin u. a. auf folgende Punkte hin:

1) daß die Photographie sich nunmehr fähig erwiesen hat, Abbildungen von Nebeln zu liefern, welche den mit Auge und Hand hergestellten überlegen sind;

2) daß nicht nur Alles, was das Auge durch ein Teleskop von gewisser Größe sieht, photographirt werden kann, sondern

---

1) Monthly Notices, May u. Nov. 1884; Nature XXXI, p. 38, 270; Referat von Lohse in der Ztschr. f. Instrumentenkunde. März 1885, S. 95.

daß man auch durch hinlänglich lange Expositionen Bilder von Sternen erhalten kann, die das Auge nicht zu erkennen vermag;

3) daß sich Theile des Himmels von mehreren Grad Ausdehnung nach jeder Seite photographiren lassen, und daß auf solche Weise auch Sterne von geringerer Größe, als die besten vorhandenen Karten zeigen, in ihren relativen Stellungen auf eine raschere, bessere und genauere Weise abgebildet werden, als nach dem bisherigen Verfahren;

4) daß man auf diese Art eine vollständige, den ganzen Himmel umfassende Reihe von Abbildungen erhalten kann, die frei sind vom Einfluß der sogenannten persönlichen Fehler der Beobachter;

5) daß auch jeder einzelne Nebel, jeder Sternhaufen und jede Sterngruppe in einem beliebig großen Maßstabe aufgenommen werden kann als Supplement zu den Darstellungen in kleinerem Maßstabe.

6) Infolge des verschiedenen Eindruckes, den das Licht je nach seiner Farbe auf das Auge und auf die photographische Platte macht, können solche photographische Abbildungen geringe Abweichungen von der Beobachtung mit dem Auge zeigen; sie lassen sich aber immer vergleichen mit andern, auf gleiche Weise nach Verlauf einer längern Reihe von Jahren erhaltenen Bildern, was bei Zeichnungen nicht sicher zulässig ist.

7) Die Photographie kann ferner direct zu vergrößerten Darstellungen der Oberfläche des Mondes und der Planeten, von Doppelsternen und dichten Sternhaufen benutzt werden; indirect kann sie auch zur Entdeckung von Planeten führen durch einfache Vergleichung von photographischen Himmelsaufnahmen aus verschiedenen Zeiten. Wenn es noch einen Planeten jenseits des Neptun giebt, so wird er nach Common's Ansicht wohl nur auf diesem Wege gefunden werden, namentlich wenn er sich in der Gegend der Milchstraße befindet.

Common ist der festen Ueberzeugung, daß durch die Photographie eine vollständige Umwälzung in der astronomischen Beobachtungskunst hervorgerufen werden wird, zum ungeheuern Gewinn für die Wissenschaft. Von anderer Seite ist bereits bemerkt worden, daß man sich eine Bibliothek anlegen kann, bestehend nicht aus Büchern, die gefüllt sind mit Beschreibungen

und Zeichnungen, den Früchten langjähriger Thätigkeit zahlreicher Beobachter, von denen jeder nach seinem System arbeitete, sondern mit Bildern, die von den Sternen selbst auf Glasplatten gezeichnet sind.

Photographien von Doppelsternen und Sternhaufen hat man allerdings schon seit längerer Zeit hergestellt; aber das früher in Anwendung kommende sogenannte nasse Verfahren gestattete keine befriedigenden Erfolge. Ein im Besitz der Königl. Astronomischen Gesellschaft in London befindliches Negativ der Plejaden von Rutherfurd ist nach O. Lohse's Angabe eine der besten mittels des alten Processes erhaltenen Photographien. Obwohl man nun seitdem zahlreiche Sternphotographien hergestellt hat, so hat man doch erst neuerdings gelernt, große Flächen des Himmels mit Objectiven von verhältnißmäßig kleiner Oeffnung abzubilden. Auf Kometen-Photographien fiel die große Anzahl der mitabgebildeten Sterne auf; die Bilder erscheinen bei Anwendung einer einfachen Portraitlinse allerdings mangelhaft begrenzt, namentlich gegen den Rand der Platte hin. Im Jahr 1879 hatte nun Common mit einem dreifüßigen Teleskop unter Benutzung von Trockenplatten bei einer Belichtung von 1½ Minute Bilder der Plejaden hergestellt, auf denen Sterne 8. und 9. Größe noch sichtbar waren. Durch die erwähnten Kometen-Photographien wurde er indessen auf eine neue Methode geführt, die er bei Gelegenheit der Aufnahme des Orion-Nebels mittels seines großen Teleskopes in Anwendung brachte: an die Montirung des großen Teleskopes setzte er eine kleine Camera mit einem Objectiv von nur ⅜ Zoll (0·95 cm) Oeffnung und exponirte darin eine Trockenplatte 20 Minuten lang, so lange als im großen Teleskop Belichtung behufs Abbildung des Nebels nöthig war. Dabei zeigte sich nun, daß sich mit dem kleinen Objectiv sämmtliche Sterne des Orion abgebildet hatten und daß in der Mitte des Gesichtsfeldes selbst noch Sterne 9. Größe, sowie ein Theil des Nebels erkennbar waren. Common construirte darauf einen sechszölligen Refractor, an dessen Declinationsachse sich mit Leichtigkeit Cameras befestigen ließen, und probierte nun verschiedene Arten photographischer Objective. Es stellte sich dabei heraus, daß sich mit den besten Linsen ein Gesichtsfeld von ungefähr 5° erhalten ließ, ohne daß die rund-

liche Form der Sternbilder eine Aenderung erfuhr; doch waren die Resultate nicht wesentlich bessere als mit dem Objectiv von 3/8 Zoll Oeffnung. Für die Aufnahme größerer Himmelsräume gebührt den Refractoren der Vorzug vor den Spiegelteleskopen, welche dagegen für Nebel, Sternhaufen zc. geeigneter sind. Wegen der Verzerrung der Bilder, die bei Linsen in größerem Abstand von der elliptischen Achse eintritt, hat indessen Common die Reflectoren auch für den ersteren Zweck geeignet zu machen versucht. Praktisch erprobt hat er dabei eine Modification des Cassegrain'schen Teleskopes mit einem Concavspiegel von 9 1/2 Zoll Durchmesser und 43 Zoll Brennweite, sowie einem convexen Fangspiegel von 4 1/2 Zoll Durchmesser; das Gesichtsfeld beträgt 3°. Common ist mit dieser Anordnung sehr zufrieden, sie giebt auch unter ungünstigen Verhältnissen noch in 30 Minuten ein Bild von einem Stern 11. Größe. Außerdem hat derselbe noch zwei andere Anordnungen in Betracht gezogen. Er hält die Herstellung photographischer Sternkarten im mindestens doppelten Maßstabe des Argelander'schen Atlas und mit Einschluß der Sterne 12. Größe für möglich.

Common hat ferner ein einfaches Verfahren angegeben, um einen Uebelstand zu beseitigen, der sich bei photographischen Aufnahmen, die eine lange Exposition erfordern, einstellt. Das Bild auf der sensitiven Platte tritt nämlich in diesem Falle häufig aus seiner anfänglichen Stellung heraus, theils weil das Uhrwerk, durch welches das Fernrohr bewegt wird, nicht genau der Drehung der Erde folgt, theils weil der scheinbare Ort der Gestirne durch Refraction sich ändert, oder weil bei Temperaturschwankungen die Focalebene eine Aenderung erleidet u. dergl. m. Bei kleinen Instrumenten kann man allerdings das Object mit dem Sucher verfolgen und die Feinstellungen für Rectascension und Declination zur Correction benutzen; für große Instrumente aber reicht dies Verfahren nicht aus. Bei dem von Common angegebenen Verfahren, das auch Lohse bei seinen photographischen Arbeiten „als das allein richtige" erkannt hat, wird das Objectiv, welches den betreffenden Gegenstand abbildet, selbst zur Controle benutzt: es wird nämlich ein Fadenkreuz in feste Verbindung mit der nach zwei rechtwinkligen Richtungen verschiebbaren Cassette gebracht, welche die photographische Platte enthält. Indem man

nun das Fadenkreuz auf einen Stern einstellt, der sich in der Nähe des zu photographirenden Objectes befindet, ist es möglich, die Platte in unveränderter Lage zum Bilde zu erhalten.

Veränderliche Sterne. — Bei Bearbeitung einer Bibliographie der veränderlichen Sterne, welche S. C. Chandler jr. in Angriff genommen, hat es sich herausgestellt, daß in Ermangelung eines systematischen Zusammenwirkens der verschiedenen Beobachter die einzelnen Sterne dieser Kategorie sehr ungleichmäßig, manche unnöthig häufig, andere wieder zu wenig beobachtet worden sind. Professor Edward C. Pickering von der Sternwarte des Harvard-College in Cambridge in Massachusetts hat infolge dessen eine Anzahl amerikanischer Astronomen zu systematischen Beobachtungen veranlaßt und die Ergebnisse derselben aus dem Jahr 1883 zu dem auf S. 72 folgenden Verzeichnisse der veränderlichen Sterne verarbeitet, dem der auf Grund des Schönfeld'schen Katalogs von 1875 veröffentlichte Chandler'sche Katalog zu Grunde liegt.[1]) Letzterer enthält 48 Nummern mehr als der Schönfeld'sche.

Die erste Spalte dieses Verzeichnisses enthält die dem Schönfeld'schen Katalog entnommene Nummer; enthält dieser den Stern nicht, so ist der Nummer ein Buchstabe beigefügt. Die zweite Spalte, mit H. P. (Harvard Photometry) überschrieben, giebt die Nummern an, welche der Stern in dem im XIV. Bande der Annalen der Harvard-College-Sternwarte zu veröffentlichenden Verzeichnisse derjenigen Sterne trägt, deren Lichtstärke mit dem Meridian-Photometer dieser Sternwarte gemessen worden ist. Die übrigen Columnen bedürfen keiner Erläuterung; nur bezüglich der „Classe“ sei erwähnt, daß sich die Zahlen auf die im XVII. Jahrg. dieses Jahrbuchs, S. 46, gegebene Classification der veränderlichen Sterne bezieht.

Außerdem hat Pickering an derselben Stelle auch noch auf Grund eines Chandler'schen Kataloges ein Verzeichniß von 77 Sternen veröffentlicht, deren Veränderlichkeit wahrscheinlich ist.

---

1) Proceedings of the American Academy of Arts and Sciences. New Series, Vol. XI, p. 296.

Verzeichniß veränderlicher Sterne

Nr.	H. P.	Name	Rectascension 1875			Declination 1875	
0a	—	im Walfisch	0h	15m	26s	— 20°	45·1′
1	51	T in der Cassiopeja		16	29	+ 55	5·9
2	54	R in der Andromeda		17	28	+ 37	53·0
3	—	S im Walfisch		17	42	— 10	14·5
4	—	B in der Cassiopeja		17	52	+ 63	27·2
5	—	T in den Fischen		25	31	+ 13	54·6
6	94	α in der Cassiopeja		33	25	+ 55	51·1
6a	—	U im Cepheus		51	18	+ 81	12·1
7	—	S in der Cassiopeja	1	10	30	+ 71	57·2
8	—	S in den Fischen		11	2	+ 8	16·3
8a	—	in den Fischen		16	22	+ 14	12·7
8b	—	im Walfisch		19	31	— 4	36·6
8c	—	R in der Bildhauerw.		21	13	— 33	11·5
9	—	R in den Fischen		24	12	+ 2	14·1
10	—	S im Widder		57	55	+ 11	55·5
11	—	R " "	2	9	1	+ 24	28·4
12	370	o im Walfisch		13	1	— 3	43·9
13	—	S im Perseus		13	54	+ 58	0·8
14	—	R im Walfisch		19	39	— 0	55·7
15	—	T im Widder		41	22	+ 16	59·3
16	489	ρ im Perseus		57	10	+ 38	21·3
17	496	β " "	3	0	2	+ 40	28·4
18	—	R " "		22	6	+ 35	14·3
19	657	λ im Stier		53	45	+ 12	8·2
20	—	T " "	4	14	43	+ 19	14·3
21	—	R " "		21	27	+ 9	52·9
22	—	S " "		22	22	+ 9	40·1
22a	—	im Dorado		35	19	— 62	19·4
23	—	V im Stier		44	48	+ 17	19·6
24	—	R im Orion		52	13	+ 7	56·3
25	877	ε im Fuhrmann		53	0	+ 43	38·2
26	880	R im Hasen		53	55	— 15	3·7
27	—	R im Fuhrmann	5	7	12	+ 53	26 6
27a	—	S " "		18	52	+ 34	2·3
28	—	S im Orion		22	50	— 4	49·9
29	1005	δ " "		25	37	— 0	25·6
29a	—	" "		29	42	— 5	33·5
30	1091	α " "		48	24	+ 7	23·3
31	1160	η in den Zwillingen	6	7	20	+ 22	22·4
31a	—	im Einhorn		16	26	— 2	8·1
32	1205	T " "		18	29	+ 7	9·1
33	—	R " "		32	21	+ 8	50·7

nach Edward C. Pickering.

Maximum Gr.	Minimum Gr.	Periode Tg.	Classe	Entdecker	Datum
5·2	7·0	—	—	Chandler	1881
6·5—7·0	11—11·2	436	II	Krüger	1870
5·6—8·6	< 12·8	404·7	II	Argelander	1858
7·0—8·0	< 10·7	323·6	II	Borrelly	1872
> 1	?	—	I	Tycho Brahe	1572
9·5—10·2	10·5—11·0	unregelm.	II	Luther	1855
2·2	2·8	„	III	Birt	1831
7·0	9·5	2·5	V	Ceraski	1880
6·7—8·5	< 13	615	II	Argelander	1861
8·8—9·3	< 13	406·6	II	Hind	1851
10	14	—	—	Peters	1880
6·5	7·8	—	—	Gould	1874?
5¾	7¾	207	II	Gould	1872?
7·4—8·3	< 12·5	345	II	Hind	1850
9·1—9·8	< 13	288·8	II	Peters	1865
7·6—8·5	11·9—12·7	186·2	II	Argelander	1857
1·7—5·0	8—9	331·3	II	Fabricius	1596
8·5?	< 9·7	—	II	Krüger	1873
7·9—8·7	< 12·8	167·1	II	Argelander	1866
7·9—8·2	9·4—9·7	324	II	Auwers	1870
3·4	4·2	unregelm.	II?	Schmidt	1854
2·2	3·7	2·9	V	Montanari	1669
8·1—9·2	12·5	208·8	II	Schönfeld	1861
3·4	4·2	4·0	V	Baxendell	1848
9·2—11·5	12·8— <	unregelm.	—	Hind	1861
7·4—9·0	< 13	325·6	II	Hind	1849
9·9	< 13	378	II	Oudemans	1855
5½	6¾	—	—	Gould	1874
8·3—9·0	< 12·8	168·6	II	Auwers	1871
8·7—8·9	< 13	378·8	II	Hind	1848
3·0	4·5	unregelm.	III	Fritsch	1821
6—7	8·5?	437·8	II	Schmidt	1855
6·5—7·4	12·5—12·7	465	II	? in Bonn	1862
9·4	< 13	—	II	Dunér	1881
8·3?	< 12·3	—	II	Webb	1870
2·2?	2·7	unregelm.	III	J. Herschel	1834
10	13	—	—	Bond	1863
1	1·4	unregelm.	III	J. Herschel	1836
3·2	3·7—4·2	229·1	II?	Schmidt	1866
7	< 10	—	—	Schönfeld	1883
6·2	7·6	26·8	IV	Gould	1871
9·5	11·5	unregelm.	II	Schmidt	1861

Nr.	H. P.	Name	Rectascension 1875			Declination 1875	
34	1256	S im Einhorn	6h	34m	6s	+10°	0·5′
35	—	R im Luchs		50	59	+55	30·2
36	1334	ζ in den Zwillingen		56	41	+20	45·1
37	—	R „ „ „		59	49	+22	53·8
38	—	R im gr. Hund	7	1	50	+10	13·1
38a	—	Vorderth. d. Schiffs		9	43	—44	26·2
38b	—	V in den Zwillingen		16	10	+13	21·8
38c	1417	U im Einhorn		24	50	— 9	31·0
39	—	S im kl. Hund		25	56	+ 8	35·0
40	—	T „ „ „		27	3	+12	0·6
40a	—	„ „ „		34	34	+ 8	40·2
41	—	S in den Zwillingen		35	32	+23	44·6
42	—	T „ „ „		41	48	+24	2·7
42a	—	Vorderth. d. Schiffs		43	6	—47	8·3
43	—	U in den Zwillingen		47	41	+22	19·7
43a	—	„ „ „		55	0	—12	32
44	—	R im Krebs	8	9	40	+12	6·5
45	—	V „ „		14	36	+17	40·9
46	—	U „ „		28	37	+19	19·5
47	—	S „ „		36	48	+19	29·0
48	—	S in der Wasserschlange		47	3	+ 3	32·4
49	—	T im Krebs		49	32	+20	19·7
50	—	T in der Wasserschlange		49	35	— 8	31·0
50a	—	R im Schiffskiel	9	29	6	—62	14·2
51	—	R im kl. Löwen		38	4	+35	5·2
52	1752	R im Löwen		40	50	+12	0·5
52a	—	l im Schiffskiel		41	49	—61	55·9
52b	—	im Löwen		53	3	+21	51·6
52c	—	in der Luftpumpe	10	4	22	—37	7·1
52d	—	im Schiffskiel		5	23	—60	56·3
52e	—	U im Löwen		17	21	+14	38·1
52f	1869	in der Wasserschlange		31	22	—12	44·1
53	1880	R im gr. Bär		35	47	+69	25·9
54	—	η im Schiff Argo		40	13	—58	49·2
54a	—	T im Schiffskiel		50	18	—59	51·2
55	—	R im Becher		54	25	—17	26·4
56	—	S im Löwen	11	4	23	+ 6	8·5
57	—	T im Löwen		32	2	+ 4	3·9
58	—	X in der Jungfrau		55	27	+ 9	46·1
59	—	R im Haar der B.		57	51	+19	28·8
60	—	T in der Jungfrau	12	8	12	— 5	7·2
61	—	R im Raben		13	10	—18	20·3
61a	—	in der Jungfrau		27	26	— 3	43·8
62	—	T im gr. Bär		30	42	+60	10·6
63	2147	R in der Jungfrau		32	10	+ 7	40·6

Maximum Gr.	Minimum Gr.	Periode Tg.	Classe	Entdecker	Datum
4·9	5·4	3·4	IV	Winnecke	1867
9?	< 12·3	—	II	Krüger	1874
3·7	4·5	10·2	IV	Schmidt	1844
6·6—7·3	< 12·3	371·0	II	Hind	1848
7·2—7·9	9·5—10·0	335·0	II	? in Bonn	1854
3½	< 6	135	II	Gould	1872
8·5	12—13½	276	II	Baxendell	1880
6·0	7·2	46·0	II?	Gould	1873
7·2—8·0	< 11	332·2	II	Hind	1856
9·1—9·7	< 13	335·2	II	Schönfeld	1865
8½	13·5	405	II	Baxendell	1879
8·2—8·7	< 13	294·2	II	Hind	1848
8·1—8·7	< 13	288·1	II	Hind	1848
7¼	9	—	—	Gould	1874?
8·9—9·7	13·1	unregelm.	II?	Hind	1855
8½	< 14	310	II	Pickering	1881
6·2—8·3	<11·7	354·4	II	Schmidt	1829
6·8—7·2	< 12	272	II	Auwers	1870
8·2—10·4	< 13	305·7	II	Chacornac	1853
8·2	9·8	9·5	V	Hind	1848
7·5—8·5	< 12·2	256·4	II	Hind	1848
8·2—8·5	9·3—10·5	484·2	II	Hind	1850
7·0—8·1	< 12·5	289·4	II	Hind	1851
4·4	9·3	313	II	Gould	1871
6·1—7·5	< 11·0	374·7	II	Schönfeld	1863
5·2—6·4	9·4—10·0	312·6	II	Koch	1782
3·7	5·2	31·2	—	Gould	1871
8½	8·6—< 13	280?	II	Becker	1882
6½	< 8	—	—	Gould	1872
6¼	9	—	—	Gould	1871
9½	unsichtbar	—	—	Peters	1876
4½	6	—	—	Gould	1871
6·0—8·1	12	303·4	II	Pogson	1853
> 1	6·3	unregelm.	II?	Burchell	1827
6·2	6·9	—	—	Thome	1872
> 8	< 9	—	II	Winnecke	1861
9·0—9·7	< 13	187·6	II	Chacornac	1856
10?	< 13	—	II	Peters	1865
7·8?	< 10	—	II	Peters	1871
7·4—8·0	< 13	363	II	Schönfeld	1856
8·0—8·8	< 13	337	II	Boguslawski	1849
6·8—7·3	< 11·5	318·6	II	Karlinski	1867
8	14	210 ±	II	Henry	—
7·0—8·3	12·2	255·6	II	Hencke	1856
6·5—7·5	10·0—10·9	145·7	II	Harding	1809

Nr.	H. P.	Name	Rectascension 1875	Declination 1875
63a	—	R in der Fliege	12h 34m 28s	—68° 43·3′
64	—	S im gr. Bär	38 28	+61 46·7
65	—	U in der Jungfrau	44 46	+ 6 14·0
66	—	W = = =	13 19 35	— 2 31·2
67	—	V = = =	21 21	— 2 19·0
68	2275	R in der Wasserschlange	22 53	—22 25·6
69	2289	S in der Jungfrau	26 29	— 6 20·6
69a	—	= = =	14 3 37	—12 42·7
69b	—	R im Centauren	7 35	—59 19·8
70	—	T im Bootes	8 14	+19 39·1
71	—	S = =	18 41	+54 22·7
72	—	R in der Giraffe	27 8	+84 23·8
73	2445	R im Bootes	31 41	+27 16·9
73a	2459	= =	37 56	+27 3·6
73b	—	= =	48 33	+18 12·1
74	2506	δ in der Waage	54 18	— 7 51·6
74a	—	= = =	15 3 37	—19 33·9
74b	—	R im südl. Dreieck	8 37	—66 2·1
75	—	U in der Krone	13 6	+32 6·4
76	—	S in der Waage	14 13	—19 47·3
77	—	S in der Schlange	15 48	+14 45·9
78	2553	S in der Krone	16 18	+31 49·1
78a	—	in der Waage	34 46	—20 46·5
79	2639	R in der Krone	43 25	+28 35·5
80	2647	R in der Schlange	44 56	+15 30·8
80a	—	V in der Krone	45 4	+39 57·0
81	—	R in der Waage	46 32	—15 44·5
82	2678	T in der Krone	54 16	+26 16·5
83	—	R im Herkules	16 0 37	+18 42·5
83a	—	W im Skorpion	4 28	—19 48·6
84	—	T = =	9 36	—22 33·5
85	—	R = =	10 12	—22 31·8
86	—	S = =	10 13	—22 28·0
86a	—	im Schlangenträger	14 40	— 7 24·0
87	—	U im Skorpion	15 16	—17 29·3
87a	—	im Schlangenträger	19 46	—12 8·5
88	—	U im Herkules	20 16	+19 10·8
89	2772	g = =	24 32	+42 9·6
90	—	T im Schlangenträger	26 35	—15 46·6
91	—	S = =	27 4	—16 48·5
91a	—	W im Herkules	30 48	+37 35·6
91b	—	im kl. Bär	31 40	+72 31·9
91c	—	R im Drachen	32 22	+67 0·7
92	2828	S im Herkules	46 13	+15 9·2
93	2839	im Schlangenträger	52 30	—12 38·0

Maximum Gr.	Minimum Gr.	Periode Tg.	Classe	Entdecker	Datum
6·6	7·3	0·9	IV	Gould	1871
7·7—8·2	11·2—11·1	224·8	II	Pogson	1853
7·7—8·1	12·2—12·8	207·4	II	Harding	1831
8·7—9·2	9·8—10·4	17·3	II?	Schönfeld	1866
8·0—9·0	< 13	251	II	Goldschmidt	1857
4·0—5·5	10?	469·3	II	Miraldi	1704
5·7—7·8	12·5	374·0	II	Hind	1852
9	14	—	II	Palisa	1880
6	10	—	—	Gould	1871
9·7?	< 13	—	I?	Baxendell	1860
8·1—8·5	13·2	272·4	II	? in Bonn	1860
7·9—8·6	12?	266·2	II	Hencke	1858
5·9—7·5	11·3—12·2	223·0	II	? in Bonn	1858
5·2	6·1	370?	—	Schmidt	1867
9·1	12·0—13·6	173·8	II	Baxendell	1880
4·9	6·1	2·3	V	Schmidt	1859
10	< 13·5	700 ±	II	Palisa	1878
6·6	8·0	3·4	IV?	Gould	1871
7·6	8·8	3·5	V	Winnecke	1869
8·0	12·5?	—	II	Borrelly	1872
7·6—8·6	12·5?	361·0	II	Harding	1828
6·1—7·8	11·9—12·5	—	II	Hencke	1860
9	< 14	unregelm.	—	Peters	1878
5·8	13·0	357·6	II?	Pigott	1795
5·6—7·6	< 11	360·0	II	Harding	1826
7·7	12	360·0	II	Dunér	1878
9·2—10·0	< 13	723	II	Pogson	1858
2·0	9·5	—	I	Birmingham	1866
8·0—9·0	< 13	319·0	II	? in Bonn	1855
10	< 13	224·3	II	Palisa	1877
7	< 10	—	I	Auwers	1860
9?—10·5	< 12·5	223	II	Chacornac	1853
9·1—10·5	< 12·5	176·9	II	Chacornac	1854
9·0	< 13·5	326	II	Schönfeld	1881
9?	< 12	—	I?	Pogson	1863
7·5	10·5	365	—	Dunér	1881
6·6—7·7	11·4—11·6	408·3	II	Hencke	1860
5	6·2	unregelm.	III	Baxendell	1857
10	< 12·5	—	II	Pogson	1860
8·3—9·0	< 12·5	233·8	II	Pogson	1854
8·0	< 14·5	289	—	Dunér	1880
8·6	10·5	180?	II	Pickering	1881
7·2	13 <	245·9	II	Geelmuyden	1876
5·9—6·8	11·5—12·2	303	II	? in Bonn	1856
5·5	12·5	—	I	Hind	1848

Nr.	H. P.	Name	Rectascension 1875			Declination 1875	
93a	—	V im Herkules	16h	53m	41s	+35°	15·5′
94	—	R im Schlangenträger	17	0	36	—15	51·9
95	2879	α im Herkules		8	57	+14	32·1
95a	2883	U im Schlangenträger		10	12	+ 1	21·0
96	2890	μ im Herkules		12	42	+33	14·1
97	—	im Schlangenträger		23	9	—21	20·0
98	2972	X im Schützen		39	41	—27	45·6
99	3035	W = =		57	2	—29	34·7
100	—	T im Herkules	18	4	22	+31	0·1
101	—	T in der Schlange		22	43	+ 6	13·1
102	—	V im Schützen		24	4	—18	22·1
103	—	U = =		24	32	—19	13·9
104	—	T im Adler		39	45	+ 8	36·9
105	3176	R im Schild Sob.		40	49	— 5	52·6
105a	—	ϰ im Pfau		44	3	—67	23·2
106	3193	β in der Leier		45	28	+33	13·0
107	3224	R = = =		51	32	+43	47·1
108	—	S in der südl. Krone		52	43	—37	10·0
109	—	R = = = =		53	29	—37	10·4
110	—	R im Adler	19	0	21	+ 8	2·6
111	—	T im Schützen		9	1	—17	15·2
112	—	R = =		9	21	—19	35·5
113	—	S = =		12	7	—19	19·1
114	3395	R im Schwan		33	28	+49	55·1
115	—	11 im Fuchs		42	26	+27	0·5
116	—	S = =		43	16	+26	58·7
117	3434	χ im Schwan		45	46	+32	36·0
118	3436	η im Adler		46	6	+ 0	41·2
119	—	S im Schwan	20	2	53	+57	37·6
120	—	R im Steinbock		4	17	—14	45·0
121	—	S im Adler		5	52	+15	14·9
122	—	R im Pfeil		8	22	+16	21·0
123	—	R im Delphin		8	53	+ 8	42·7
124	3547	P im Schwan		13	11	+37	38·7
125	—	U im Schwan		15	44	+47	30·1
126	3557	R im Cepheus		34	29	+88	45·2
126a	—	= Schwan		37	17	+47	41·8
127	—	S im Delphin		37	19	+16	38·4
128	—	T im Delphin		39	34	+15	56·7
129	—	U im Steinbock		41	11	—15	23·2
130	3654	T im Schwan		42	12	+33	55·0
131	—	T im Wassermann		43	20	— 5	45·3
132	—	R im Fuchs		58	49	+23	19·5
132a	—	= Steinbock	21	0	19	—24	25·5
132b	—	T im Cepheus		7	52	+67	58·9

Maximum Gr.	Minimum Gr.	Periode Tg.	Classe	Entdecker	Datum
9·0	11·7	—	II	Baxendell	1880
7·6—8·1	< 12	302·4	II	Pogson	1853
3·1	3·9	unregelm.	III	W. Herschel	1795
6·1	6·8	0·9	V	Sawyer	1881
4·6	5·4	38·5	III	Schmidt	1869?
> 1	?	—	I	Fabricius	1604
4	6	7·0	IV	Schmidt	1866
5	6·5	7·6	IV	Schmidt	1866
7·2—8·3	11·4—12·1	165·1	II	? in Bonn	1857
9·1—10·0	< 12·8	342·3	II	Baxendell	1860
7·5?	9·5?	—	II	Quirling	1865
7·0	8·3	6·7	IV	Schmidt	1866
8·8	9·5	unregelm.	II	Winnecke	1860
4·7—5·7	6·0—8·5	71·1	II	Pigott	1795
4·4	5·5	9·1	IV	Thome	1872
3·4	4·5	12·9	IV	Goodricke	1784
4·3	4·6	46·0	II?	Baxendell	1856
9·8	11·5?	6·1	IV?	Schmidt	1866
10·5—11·5	< 12·5	31	II	Schmidt	1866
6·4—7·4	10·9—11·2	345·1	II	? in Bonn	1856
7·6—8·1	< 11	381	II	Pogson	1863
7·0—7·2	< 12	270·0	II	Pogson	1858
9·7—10·4	< 12·7	230	II	Pogson	1860
5·9—8·0	13	425·3	II	Pogson	1852
3	?	—	I	Anthelm	1670
8·4—8·9	9·0—9·5	67·5	II	Hind	1861
4·0—6·0	12·8	406·5	II	Kirch	1686
3·5	4·7	7·2	IV	Pigott	1784
8·8—9·5	< 13	322·8	II	? in Bonn	1860
8·8—9·7	< 13	347	II	Hind	1848
8·9—9·9	10·7—11·8	147·2	II	Baxendell	1863
8·5—8·7	9·8—10·4	70·4	II?	Baxendell	1859
7·6—8·5	12·8	284·0	II	Hencke	1859
3—5	< 6	—	I	Janson	1600
7·8?	9·8?	—	II	Knott	1871
5?	10?	—	II?	Pogson	1856
8	12	423	II	Birmingham	1881
8·4—8·6	10·4—11·1	275·6	II	Baxendell	1860
8·2—8·9	< 13	331·4	II	Baxendell	1863
10·2—10·8	< 13	203·5	II	Pogson	1858
5·5?	6?	—	—	Schmidt	1864
6·7—7·0	12·4—12·7	203·2	II	Goldschmidt	1861
7·5—8·5	12·5—13·0	137·5	II	? in Bonn	1858
9½	14	—	—	Peters	1867
5·6	9·5	382	II?	Ceraski	1878

Nr.	H. P.	Name	Rectascension 1875	Declination 1875
133	—	T im Steinbock	21h 15m 6s	— 15° 51·4′
134	—	S im Cepheus	36 45	+ 78 3·6
134a	—	im Schwan	37 2	+ 42 18·2
135	3845	μ im Cepheus	39 41	+ 58 12·4
136	—	T im Pegasus	22 2 48	+ 11 55·7
137	3981	δ im Cepheus	24 32	+ 57 46·6
137a	—	in der Eidechse	37 43	+ 41 43·0
138	—	S im Wassermann	50 25	— 21 13·4
139	4078	β im Pegasus	57 45	+ 27 24·2
140	—	R im Pegasus	23 0 22	+ 9 52·1
141	—	S im Pegasus	14 14	+ 8 14·2
142	4193	R im Wassermann	37 21	— 16 11·9
143	4234	R in der Cassiopeja	52 4	+ 50 41·5

Spectroskopische Beobachtungen. Während eines längeren Aufenthaltes, den Prof. H. C. Vogel aus Potsdam in den Monaten Mai, Juni und September 1883 in Wien nahm, hat derselbe mit dem zu seiner Verfügung gestellten 25zölligen Refractor der Wiener Sternwarte eine Anzahl von lichtschwachen Sternen spectroskopisch untersucht und insbesondere an einigen rothen Sternen, deren Spectrum der Vogel'schen Classe IIIb angehört1), genauere Messungen angestellt, durch welche es sehr wahrscheinlich geworden ist, daß die Hauptbanden dieser eigenthümlichen Spectra mit den im Spectrum der Leuchtgasflamme auftretenden zusammenfallen.

Der hellste unter den in Frage kommenden Sternen ist Nr. 152 des Schjellerup'schen Katalogs, welcher an fünf Abenden untersucht wurde, wobei sich folgende Mittelwerthe in Milliontel-Millimetern für die Wellenlängen der unterscheidbaren Linien und Grenzen von Banden ergaben:

589·5, 585, 574, 562, 516, 513, 471

Aus diesen Zahlen, wenn man sie mit den Wellenlängen der Linien im Spectrum der Kohlenwasserstoffflamme vergleicht, ergiebt sich mit ziemlicher Sicherheit die Anwesenheit von Kohlenwasserstoff in der Atmosphäre des Sternes; die dunkle Linie 589·5 nahe am Ende einer Bande coincidirt mit einer Na-

1) Vgl. die Charakteristik der verschiedenen Vogel'schen Classen im vorigen Jahrg. dieses Jahrb. S. 74.

Maximum Gr.	Minimum Gr.	Periode Tg.	Classe	Entdecker	Datum
8·9—9·7	< 13	269·4	II	Hind	1854
7·4—8·5	11·5	485	II	Hencke	1858
		—	I	Schmidt	1876
4?	5?	unregelm.	III ?	Hind	1848
8·8—9·3	< 12·5	367·5	II	Hind	1863
3·7	4 9	5·4	IV	Goodricke	1784
8 6	< 13·5	315	—	Deichmüller	1883
7·7—9·1	< 11·5	279·4	II	Argelander	1853
2·2	2·7	unregelm.	III	Schmidt	1847
6·9—7·7	12?	382·0	II	Hind	1848
7·6	< 12·2	—	II	Marth	1864?
5·8—8·5	11?	388·0	II	Harding	1811
4·8—6·8	< 12	425·9	II	Pogson	1853

triumlinie, die verwaschene und ganz isolirt im hellsten Theile des Spectrums auftretende Linie 574 läßt keine Deutung zu.

Damit stimmen die Ergebnisse überein, die bei verschiedenen kleineren Sternen erhalten wurden, und es ergab sich, daß die Bandenspectren der Classe III b im Bezug auf die Lage der Banden keine Verschiedenheiten zeigen, sondern nur in geringem Maße rücksichtlich der relativen Intensität derselben. Die charakteristischen Banden dieser Spectra scheinen durch Absorption durch Kohlenwasserstoffe in der Atmosphäre dieser Sterne hervorgebracht zu werden. Es können also, wenn dies richtig ist, nicht alle Elemente in den Atmosphären jener Sterne dissociirt neben einander bestehen, wie in der Atmosphäre unserer Sonne, sondern es müssen sich dort chemische Verbindungen halten können, was eine verhältnißmäßig bedeutende Abkühlung voraussetzt. Eigenthümlich ist den Spectren dieser Classe eine breite, dunkle Linie, Wellenlänge 575 Milliontel Millimeter, von noch unbekannter Natur. Auch die Anwesenheit von Metalldämpfen ist durch einzelne Linien angedeutet, mit Bestimmtheit ist aber nur Natrium erkannt.

Außerdem hat Vogel mit dem Wiener Instrumente auch noch einige Sternspectra der Classe II b untersucht, welche dadurch ausgezeichnet sind, daß sie außer dunkeln Linien und einigen schwachen Banden auch einige helle Linien zeigen. Die hellsten derartigen Spectra zeigen die „neuen“ Sterne, von denen seit Erfindung der Spectralanalyse zwei, nämlich der am

12. Mai 1866 in der Krone und der am 24. November 1876 im Schwan entdeckte, beobachtet werden konnten. Den letzteren hat Vogel längere Zeit hindurch verfolgt und bemerkt, daß das anfangs intensive continuirliche Spectrum, welches von dunkeln und zahlreichen hell leuchtenden Linien durchzogen war, sich schließlich auf eine einzige helle Linie mit schwachen Spuren eines continuirlichen Spectrums reducirte.

Von schwächeren Sternen dieser Classe waren bis vor kurzem nur die drei kleinen Sterne im Schwan, Nummer 4001, 4013 und 3956 der „Bonner Durchmusterung", bekannt, in denen Wolf und Rayet schon 1867 und später Vogel helle Linien beobachtet haben (vgl. dieses Jahrb. VI, S. 47 u. XI, S. 70). Vogel hat diese drei Sterne von neuem wieder mit dem Spectroskop untersucht, die Linien genau gemessen und die Spectra gezeichnet. Bei dem ersten, einem Stern 8·5. Größe, fand er bei 583 eine schwache Linie, bei 571 ward eine Linie nur vermuthet, bei 541 ward eine helle Linie, bei 486 eine ziemlich helle, die Wasserstofflinie Hβ, beobachtet; bei 470 lag der Anfang, bei 486 die hellste Stelle und bei 465 das Ende einer hellen Bande, zwischen 468 und 470 lag eine dunkle Bande im continuirlichen Spectrum. Von ähnlicher Beschaffenheit zeigten sich auch die Spectra der beiden andern Sterne, und bei der Vergleichung mit den früheren Beobachtungen Vogels ergab sich eine überraschende Uebereinstimmung in der Lage der Linien, und auch die relativen Intensitäten der Linien hatten im Laufe eines Jahrzehnts keine Veränderung erlitten. Uebrigens ist eine Deutung der Linien, mit Ausnahme der Wasserstofflinie Hβ 486, noch nicht möglich gewesen.

Auf zwei andere Sterne derselben Classe hat kürzlich Pickering aufmerksam gemacht; es sind dies Nr. 17681 des Argelander-Oeltzen'schen Katalogs und Nr. 13412 des Lalande'schen.

Der erste dieser beiden Sterne, den Vogel an zwei Abenden beobachtete, zeigte ein sehr interessantes Spectrum, bestehend aus einem ganz schwachen continuirlichen Theil von nur geringer Ausdehnung und zwei hellen Linien, von denen die eine bei 581 etwas brechbarer als die Fraunhofer'sche Linie D war, die zweite, im Blau gelegene (Anfang 470, hellste Stelle 466, Ende 461) aber breit und namentlich nach dem

Roth verwaschen erschien; zwischen beiden lag von 488 bis 470 eine dunkle Bande.

Aehnlich ist auch das Spectrum des Sternes Lalande 13412, den Vogel schon früher in Potsdam untersucht hat. Es ergab sich nämlich bei 581 eine schwache Linie, bei 540 eine helle Linie, bei 485 eine sehr schwache Linie und bei 469 eine helle, sehr breite Linie. Auch hier war zwischen der dritten und vierten Linie ein dunkles Band in dem continuirlichen Spectrum vorhanden, welches sich aber etwas weiter nach dem blauen Ende hin erstreckte, als bei dem vorigen Stern.

Eine bemerkenswerthe Erscheinung bilden die hellen Linien in den Spectren der beiden Sterne γ Cassiopejae und β Lyrae, die wohl zuerst von dem verstorbenen Secchi bemerkt worden sind. Später erkannte Huggins in den hellen Linien im Spectrum des erstgenannten Sternes die Wasserstofflinien $H\alpha$ und $H\beta$, sowie die Protuberanzlinie D_3, und Vogel wieß im Herbst 1871 dieselben hellen Linien im Spectrum von β Lyrae nach (vgl. dieses Jahrb. IX, S. 39 und X, S. 47). Diese Linien waren damals sehr gut sichtbar, wurden aber schwächer und nur sehr schwierig sichtbar und Vogel schien es fast „als ob die schwere Sichtbarkeit der Linien nicht lediglich durch ungünstige atmosphärische Zustände erklärt werden könne.“ Später scheinen diese Linien ganz verschwunden zu sein: Dr. N. von Konkoly in O'Gyalla, der beide Sterne seit 1874 oft und sorgfältig beobachtete, vermochte keine hellen Linien wahrzunehmen, und ebenso wenig Erfolg hatten längere Zeit die Bemühungen E. von Gothard's in Herény. Derselbe konnte am 24. Juli 1882 und ebenso am 7. August bei γ Cassiopejae nur einen dunkeln Streifen im Roth sehen, trotz der äußerst günstigen Luft, welche die Auffassung der zartesten Details der Spectra gestattete; das Spectrum von β Lyrae fand Gothard am 17. Juni und 24. Juli continuirlich, ohne Linien und Streifen, am 5. September aber beobachtete er die dunkeln Wasserstofflinien $H\alpha$, $H\beta$, $H\gamma$ darin.

Um so mehr war Gothard überrascht, als er am 13. August 1883 im Spectrum von γ Cassiopejae neben dem früher be-

1) Astron. Nachr. Bd. 108, Nr. 2581, S. 233.

obachteten dunkeln Streifen die rothe Linie Hα aufblitzen sah. Indessen war die Beobachtung wegen schlechter Luft und hellen Mondscheins sehr unsicher; aber am 20. August konnte nicht nur Hα, sondern auch Hβ und D_3 beobachtet und gemessen werden, und ergaben sich für Hα 654·7, D_3 586·7, Hβ 484·9 und für die Mitte des dunkeln Streifens 633·0 Milliontel-Millimeter Wellenlänge. Am 22., 24., 25 und 26. August wurden dieselben Linien gemeinschaftlich mit Konkoly und Dr. K. v. Than beobachtet, und dem ersteren gelang es, am letztgenannten Abend auch die helle Wasserstofflinie Hγ im Violett zu erkennen. Vergleichende Messungen mit einer wasserstoffhaltigen Geißler'schen Röhre, die am 21. December angestellt wurden, ergaben übrigens für Hβ eine Verschiebung um 0·6 Milliontel-Mill. Wellenlänge nach dem rothen Ende des Spectrums.

Im Spectrum von α Lyrae wurden erst am 26. August 1883 die hellen Linien Hα und Hβ wahrgenommen. Am 23. September waren sie, wahrscheinlich wegen zu großer Unruhe der Luft, nicht erkennbar, um so überraschender war der Anblick am 29. September: „D_3 war brillant schön, die intensivste der drei Linien; auch Hβ recht schön, Hα aber sehr schwach, kaum sichtbar. Manchmal konnte man auch einen dunkeln Streifen, etwas brechbarer als Hα, wahrnehmen. Die hellen Linien sind im Verhältniß zu der Schwäche des Spectrums viel intensiver als bei γ Cassiopejae." Merkwürdigerweise waren auch am 18. October bei hellem Mondschein und allerschlechtester Luft die hellen Linien D_3 und Hβ und der dunkle Streifen sehr gut sichtbar. Da frühere Beobachtungen im Jahr 1882 bei sehr günstiger Luftbeschaffenheit erfolglos blieben, so sieht v. Gothard in den Beobachtungen vom 18. October 1883 einen sehr schlagenden Beweis für die Veränderlichkeit des Spectrums.

Weitere Beobachtungen im letzten Drittel des November ergaben wieder mancherlei Verschiedenheiten: am 21. waren Hα und D_3 verschwunden, Hβ war nur schwierig zu sehen; am 23. waren Hα und D_3 wieder schwach sichtbar, Hβ erschien ziemlich hell; am 28. waren trotz tiefen Standes des Sternes und sehr schlechten Luftzustandes Hβ und Hα leicht erkennbar, manchmal wurde auch Hγ vermuthet, D_3 aber war unsichtbar.

Fixsternparallaxen. — Schon im vorigen Jahrg. dieses Jahrb. S. 73 ist der neueren Messungen von Fixsternparallaxen, welche vom Königlichen Astronomen Gill und von Elkin auf der Sternwarte am Kap der guten Hoffnung angestellt worden sind, gedacht worden. Die folgende Tabelle enthält die genauern Resultate nach Gill's Angabe.[1])

Name des Sternes	Beobachter	Stern-Größe	Jährl. Bewegung	Parallaxe	Entfernung in Jahren Lichtzeit	Geschwindigkeit des Sterns in der Sec. rechtwinklig zur Gesichtslinie
						km
α Centauri	G. u. E.	1	3·67″	0·75″	4·36	23·2
Sirius	G. u. E.	1	1·24	0·38	8·6	15·5
Lacaille 9352	G.	7½	6·95	0·28	11·6	117·5
ε Indi	G. u. E.	5¼	4·68	0·22	15	101·4
o2 Eridani	G.	4½	4·10	0·17	19	111·1
e Eridani	E.	4½	3·03	0·14	23	103·0
ζ Tucanae	E.	—	2·05	0·06	54	163
Canopus	E.	1	0·00	unmerklich	—	—
β Centauri	G.	1	—	unmerklich	—	—

Doppelsterne. — Der Regierungs-Astronom in Sydney, H. C. Russell, hat als Fortsetzung eines früheren ein neues Verzeichniß von 130 neuen Doppelsternen veröffentlicht,[2]) von denen die meisten allerdings klein sind, unter denen sich aber auch einige interessante von großer Schönheit befinden.

Für das 1873 von Burnham entdeckte Doppelsternpaar β im Delphin, welches wegen der raschen Bewegung des schwierig zu beobachtenden Begleiters besonders interessant ist, hat Dr. D. Dubjago, Adjunct-Astronom der Sternwarte Pulkowa, in der neuen Auflage von Sawitsch's „Lehrbuch der theoretischen Astronomie" nach den dort gegebenen Formeln angenäherte Elemente berechnet, denen zufolge dieses System eine Umlaufszeit von 26·07 Jahr besitzt.[3]) Es würde dieselbe

1) Nature XXX, p. 158.
2) Journal and Proceedings of the Royal Soc. of New South Wales for 1883, p. 123.
3) Astron. Nachr. Bd. 109, Nr. 2602, S. 155; vgl. auch dieses Jahrb. XX, S. 80.

also nur wenig größer sein als die Umlaufszeit von 41 im Haar der Berenice, für welche Doberck 25·5 Jahr gefunden hat, und welche nächst der noch sehr unsichern Periode von 10·8 Jahr, welche Burnham dem Stern δ im kleinen Pferd zuschreibt, die kleinste bisher bekannte Umlaufszeit für ein Doppelsternpaar ist.

Für den Doppelstern Σ 2107, für welchen eine fünfzigjährige Reihe von Messungen vorliegt, während welcher der Positionswinkel sich um 90° geändert hat, sind von A. Berberich in Straßburg folgende Elemente berechnet worden:[1])

$$T = 1893{\cdot}33$$
$$\mu = + 1{\cdot}9333^0$$
$$e = 0{\cdot}3867$$
$$\Omega = 186^0\ 2{\cdot}2' - (t - 1880{\cdot}0)\ 0{\cdot}36'$$
$$i = 45^0\ 51{\cdot}6'$$
$$\pi - \Omega = 104\ 30$$
$$a = 1{\cdot}0'' \pm$$
$$U = 186{\cdot}207 \text{ Jahr.}$$

Derselbe Astronom hat schon früher dem Doppelstern Σ 2130 oder μ im Drachen seine Aufmerksamkeit zugewandt.[2]) Die Beobachtungen dieses Binärsystems zeigen sowohl im Positionswinkel als in der Distanz eine gleichmäßig fortschreitende Abnahme. Jener betrug bei der Beobachtung durch Herschel in den Jahren 1779 und 1781 232° und hat sich seitdem um 70° vermindert, diese ist von mehr als 4° auf die Hälfte herabgegangen. Es zeigt sich nun, daß man die Beobachtungen fast mit völliger Genauigkeit durch eine Bahn darstellen kann, deren Ebene senkrecht zur Gesichtslinie steht. Als Elemente dieser Bahn giebt Berberich folgende an:

$$T = 1940{\cdot}35$$
$$\pi = 84^0\ 34'$$
$$a = 3{\cdot}38''$$
$$e = 0{\cdot}4929$$
$$\mu = - 0{\cdot}5556^0$$
$$i = 0^0$$
$$\Omega \text{ unbestimmt}$$
$$U = 648{\cdot}0 \text{ Jahr.}$$

1) Astron. Nachr. Bd. 110, Nr. 2623, S. 100.
2) Dies. Bd. 108, Nr. 2582, S. 249.

Zeitrechnung.

Um die Beschlüsse des geodätischen Congresses in Rom, über welche im vorigen Jahrg. dieses Jahrb., S. 87 u. f., berichtet worden ist, ihrer Verwirklichung entgegenzuführen, traten auf Einladung des Präsidenten der Vereinigten Staaten von Nordamerika am 1. October 1884 diplomatische Vertreter und Gelehrte von 25 verschiedenen Staaten (Brasilien, Chile, Columbia, Costa Rica, Deutsches Reich, Frankreich, Großbritannien, Guatemala, Hawaii, Italien, Japan, Liberia, Mexico, Niederlande, Oesterreich-Ungarn, Paraguay, Rußland, San Domingo, San-Salvador, Schweden, Schweiz, Spanien, Türkei, Venezuela, Vereinigte Staaten) in Washington zu einer internationalen Conferenz zusammen, welche folgende Beschlüsse faßte.

1. Nach Ansicht der Conferenz ist es zweckmäßig, einen gemeinsamen ersten Meridian für alle Nationen anzunehmen an Stelle der vielen verschiedenen ersten Meridiane, deren man sich jetzt bedient (einstimmig angenommen).

2. Als Anfangsmeridian schlägt die Conferenz den Regierungen den Meridian vor, welcher durch die Mitte des Meridiankreises der Sternwarte von Greenwich geht (mit 22 Stimmen angenommen, dagegen San Domingo; Frankreich und Brasilien enthielten sich der Abstimmung).

3. Von diesem Meridian aus soll die Länge in zwei Richtungen bis 180° gezählt werden, mit Pluszeichen nach Ost, mit Minus nach West (mit 14 Stimmen angenommen, dagegen: Italien, Niederlande, Schweden, Schweiz, Spanien; der Abstimmung enthielten sich Brasilien, Deutsches Reich, Frankreich, Oesterreich-Ungarn, San Domingo, Türkei).

4. Die Conferenz schlägt die Annahme eines Universal-Tages für alle Zwecke vor, für welche er geeignet erscheint; durch denselben soll der Gebrauch der localen oder einer andern Zeit, wo solcher wünschenswerth ist, in keiner Weise gestört werden (dafür 23 Stimmen, Deutschland und San Domingo enthielten sich der Abstimmung).

5. Dieser Universal-Tag soll der mittlere Sonnentag sein und für die ganze Erde beginnen mit dem Augenblick der mittlern Mitternacht des ersten Meridians, so daß er mit dem bürgerlichen Tage und dem Datum dieses Meridians zu-

sammenfällt; er zerfällt in 24 Stunden, die von 0 bis 24 gezählt werden (dafür 15 Stimmen, dagegen Oesterreich-Ungarn und Spanien, der Abstimmung enthielten sich: Deutschland, Frankreich, Italien, Niederlande, San Domingo, Schweden, Schweiz; San Salvador fehlte).

6. Die Conferenz spricht die Hoffnung aus, daß der astronomische und der nautische Tag sobald als möglich überall mit Mitternacht angefangen wird (einstimmig angenommen).

7. Die Conferenz drückt die Hoffnung aus, daß die technischen Untersuchungen behufs Ausdehnung des Decimalsystems auf die Winkel- und Zeittheilung wieder aufgenommen werden, um dieses System in allen Fällen zur Anwendung zu bringen, wo es wirklichen Vortheil bringt (mit 21 von 24 Stimmen angenommen, der Abstimmung enthielten sich Deutschland, Guatemala, Schweden).

Von diesen Beschlüssen entsprechen die beiden ersten den Anträgen des geodätischen Congresses. Von seiten der französischen Delegirten wurden allerdings vielerlei Bedenken gegen die Annahme des Greenwicher Meridians als des ersten geltend gemacht; für diesen spreche keinerlei wissenschaftliches, sondern nur ein commerzielles Interesse; man könne Frankreich, welches vor mehr als zweihundert Jahren zuerst die allgemeine Annahme eines ersten Meridians angeregt, nicht zumuthen, seinen Pariser Meridian aufzugeben, u. dergl. m. Indessen fand weder Janssen's Vorschlag „eines neutralen", durch die Beringstraße gehenden ersten Meridians, noch derjenige Fleming's, welcher den um 180° von Greenwich entfernten vorschlug, den Beifall der Conferenz, die vielmehr den Greenwicher Meridian adoptirte, zu dessen Gunsten u. a. von Sir Frederik Evans (Großbritannien) geltend gemacht wurde, daß der Gehalt der Schiffe, welche bereits von dem Greenwicher Meridian aus die Längen zählen, 14 Millionen Tonnen betrage, während der Pariser Meridian nur für 1 735 000 Tonnen im Gebrauch ist.

Die Zählung der Längen in doppelter Richtung, nach Ost und West, wurde auf den Antrag von Rutherford (Ver. St.) beschlossen, entgegen dem in Rom gefaßten Beschlusse.

Zu ernsten Bedenken giebt der Beschluß Anlaß, den Anfang des Universaltags auf Mitternacht zu verlegen, statt, wie die römische Conferenz wollte, auf den Mittag des mit dem

gleichen Datum versehenen Greenwicher bürgerlichen Tages. Man hat dadurch den Uebelstand zu vermeiden geglaubt, daß das Weltdatum gerade in Europa inmitten des Geschäftstages wechselt. Darin liegt aber, wie u. a. von Förster hervorgehoben worden ist,[1]) ein Mißverständniß. Das Welt- oder Universaldatum im Besonderen, zum Unterschied von den bloßen Uhrangaben im Weltzeitsystem, ist wesentlich dazu bestimmt, denjenigen Unsicherheiten ein Ende zu machen, welche in den Zeitangaben solcher Orte bestehen, aus deren bürgerlicher Zeit- und Datumsangabe in Verbindung mit ihrer geographischen Lage nicht sicher genug, wenigstens in der Ferne nicht mit gehöriger Sicherheit, der absolute Zeitpunkt der bezüglichen Angabe entnommen werden kann. Dies trifft in keiner Weise europäische, afrikanische, west- und mittelasiatische und amerikanische Länder, sondern nur diejenigen Gegenden der Erde, welche der Scheidung des von Osten gekommenen und des von Westen gekommenen europäischen Datums, die um eine Einheit verschieden sind, nahe liegen. Bei allen europäischen Orten dagegen wird es selbst bei solchen Zeitangaben, bei denen man zu der Ortszeitangabe und dem bürgerlichen Datum die Weltzeitangabe hinzufügen will, einer Weltdatumsangabe gar nicht bedürfen, und insbesondere wird das Weltdatum hier bei geschäftlichen Datirungen niemals irgend eine Bedeutung haben, da eben das bürgerliche europäische Datum, abgesehen von dem russischen, gänzlich unzweideutig ist. In den erwähnten ostasiatischen Gegenden aber, wo die Verschiedenheiten des bürgerlichen Datums um einen Tag vielfach ganz regellos sind (vgl. dieses Jahrb. VII, S. 59 u. f.), wird es sogar im Präcisions-Geldverkehr einer Hinzufügung des Weltdatums zu dem keineswegs unzweideutigen Ortsdatum immer mehr bedürfen. Also fast ausschließlich für diese Gegenden der Erde, und zwar auch für ihren Geschäftsverkehr nach außen, nicht blos für hochtechnische Zwecke, ist die zweifellose Festsetzung des Universaldatums bestimmt, und gerade diesen Gegenden der Erde will der irrthümliche Washingtoner Beschluß einen Wechsel des Universaldatums mitten

1) Elektrotechn. Ztschr. Jan. 1885, S. 2; Astron. Nachr. Bd. 111, Nr. 2643, S. 333.

im Geschäftstage zumuthen, während er dem europäischen Verkehre, der das Universaldatum nirgends nöthig hat, die völlig entbehrliche Wohlthat zuwenden will, daß das Universaldatum erst gegen Mitternacht wechselt und während des Geschäftstages beständig bleibt."

Durch den Widerspruch, welcher bezüglich des Anfangs des Welttages zwischen den Beschlüssen der beiden internationalen Conferenzen in Rom und in Washington besteht, dürfte zunächst die Einführung einer allgemeinen Weltzeit für wissenschaftliche Zwecke, wie für den innern Dienst der oberen Verwaltungen der Verkehrsmittel auf unbestimmte Zeit vertagt sein, während der allgemeinen Annahme des Greenwicher Anfangs-Meridianes nichts weiter im Wege steht. Unter solchen Umständen erscheint es als eine Uebereilung, wenn der Königliche Astronom von England vom 1. Januar 1885 den astronomischen Tag nicht wie bisher erst vom Mittag, sondern bereits von Mitternacht an rechnet und damit mit dem bürgerlichen Tage in Einklang bringt, und wenn man in England in manchen Kreisen allen Ernstes daran denkt, auch im bürgerlichen Leben die Tagesstunden von Null bis 24 zählen.[1])

Instrumente.

Aequatorial mit festem Fernrohr. — Im Jahrg. XIX dieses Jahrbuchs, S. 101 u. f., ist eine neue, von Löwy angegebene Construction des Aequatoriales beschrieben worden, das sogenannte équatorial coudé, welches vor dem Aequatorial gewöhnlicher Construction den Vorzug größerer Stabilität besitzen soll; bei welchem ferner die Drehkuppel entbehrlich ist und das Auge des Beobachters immer an derselben Stelle bleibt. Etwas ähnliches soll nun auch das Instrument leisten, dessen Princip der französische Mathematiker G. Hermite auseinandergesetzt hat.[2])

Das Fernrohr ist bei diesem Aequatorial unbeweglich in Richtung der Weltachse aufgestellt. An seinem obern Ende befindet sich eine Kammer von gleichseitig rechtwinkligem Quer-

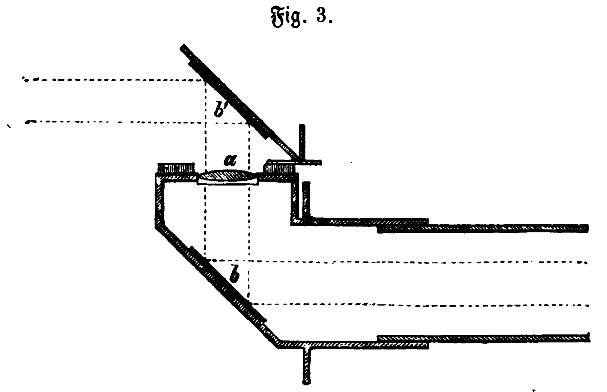
---

1) „Our future watches and clocks" in Nature XXXI, p. 36, 201.

2) Comptes rendus XCIX, p. 230.

schnitt, die sich um den Tubus drehen läßt. Die eine, dem Fernrohr zugewandte Kathetenfläche ist durchbrochen, und durch diese Oeffnung gelangen die Lichtstrahlen in das Fernröhr; in die andere Kathetenfläche ist das Objektiv a (Fig. 3) eingesetzt, während die Hypotenusenfläche, die um 45° gegen die optische Achse des Fernrohrs geneigt ist, einen Planspiegel b trägt. Auf diese Kammer ist nun eine zweite von gleichem Querschnitt mit einer Kathetenfläche aufgesetzt, die um eine zur gemeinsamen Kathetenfläche rechtwinklige Achse drehbar ist, während die Hypotenusenfläche einen Planspiegel trägt. Stehen die Spiegel b und b′ parallel, wie in Fig. 3, so kommen die Lichtstrahlen von dem sichtbaren Pol des Himmels ins Auge. Dreht man aber die zweite Kammer mit dem Spiegel b′, so erblickt der Beobachter am Objectiv der Reihe nach die verschiedenen Sterne auf dem Meridian, dessen Ebene rechtwinklig zur Drehungsachse der zweiten Kammer ist, und zwar ist die Poldistanz gleich dem Drehungswinkel. Um auf verschiedenen Meridianen beobachten zu können, hat man nur die erste Kammer um die optische Achse des Fernrohrs zu drehen.

Fig. 3.



Aus dieser Beschreibung ist ersichtlich, daß Hermite im Princip mit Löwy übereinstimmt, nur hat der Erstere den Theil des Rohres, der in der Ebene des Aequators liegt, bedeutend verkürzt und außerdem hat er den Tubus, der bei dem Löwy'schen Aequatorial um seine optische Achse drehbar

ist, fest gemacht, und die Einstellung auf verschiedene Stundenwinkel erfolgt durch Drehung des Spiegelkopfes. Es dürfte freilich für den praktischen Mechaniker nicht ganz leicht sein, diese Drehung genau um die optische Achse des Tubus zu sichern. Bei der oben skizzirten Anordnung bewegt sich übrigens das Objectiv mit, wenn der Spiegelkopf gedreht wird; schwere Objective sind dabei allerlei Deformationen ausgesetzt, und außerdem wird der Spiegelkopf, der durch ein Uhrwerk der täglichen Bewegung des Himmels entsprechend gedreht wird, allzusehr belastet. Beide Uebelstände werden vermieden, wenn man, einem spätern Vorschlage Hermite's [1]) entsprechend, das Objectiv nicht zwischen den beiden Spiegeln, sondern am obern Ende des Rohres C, also unbeweglich wie dieses, anbringt.

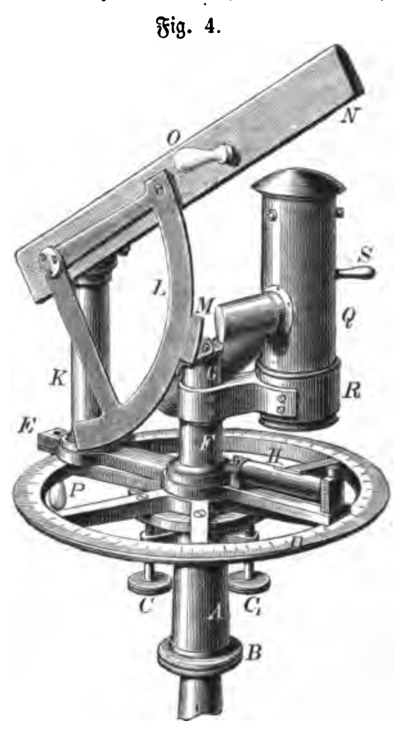
Meteoroskop. — Zur Bestimmung des Anfangs- und Endpunktes einer Sternschnuppenbahn bedient man sich in neuerer Zeit hier und da instrumenteller Hilfsmittel, statt nach früherer Gewohnheit diese Bahnen nach dem Augenmaße in eine Sternkarte einzuzeichnen. Am zweckmäßigsten erscheint es, zu diesem Zwecke Azimutal- und Höhenwinkel zu messen, und hierzu bedient man sich in Ungarn sehr primitiver, auf ein Dreifußstativ ohne Stellschrauben ꝛc. aufgesteckter Horizontalkreise mit einer Gradtheilung. Um die Mitte des Kreises ist ein Messinglineal beweglich, welches einen Index zum Ablesen der Horizontal-Winkel und eine Säule trägt, an welcher die Achse des verticalen (Viertel-)Kreises angebracht ist; als Visirmittel dient ein Holzlineal. Bei Einrichtung des astrophysikalischen Observatoriums zu Herény hat nun dessen Director E. v. Gothard an diesem Instrument, das er Meteoroskop nennt, verschiedene Verbesserungen angebracht, welche das Horizontalstellen des Kreises durch Stellschrauben mittels einer permament auf der Alhidade befestigten Libelle, ferner die Orientirung des horizontalen Kreises und endlich die Beleuchtung der Theilungen bezwecken. [2])

Die Einrichtung dieses Instrumentes ist aus Fig. 4 ersichtlich. Um dasselbe auf einem Zapfenstativ befestigen zu können, ist die conische Messinghülse A durch drei Sägeschnitte gespalten, die durch den Ring B zusammengepreßt werden können,

1) Comptes rendus XCIX, p. 323.
2) Ztschr. f. Instrumentenkunde. 1884, Heft 11, S. 387.

welcher als Mutter für die auf dem untern Ende von A geschnittene, etwas conische Schraube dient. Oben trägt die Hülse A drei kurze Arme, in welche die Fußschrauben C, C_1, C_2 (letztere in der Figur nicht sichtbar) eingeschraubt sind. Auf diesen Schrauben ruht eine Scheibe aus Phosphorbronce, welche von unten in die sechs Speichen des Horizontalkreises D eingelassen und an denselben durch Schrauben befestigt ist. Ein Stift, welcher einerseits in den Mittelpunkt des Horizontalkreises eingeschraubt ist, andererseits in das Innere der Hülse A hineinragt und durch eine Spiralfeder, die auf eine, auf ihn geschraubte Scheibe drückt, in diese Hülse hinunter gezogen wird, schützt den Horizontalkreis mit dem ganzen darauf gebauten Instrument vor dem Herunterstürzen. Das so hergestellte federnde Gelenk erlaubt auch die zur Orientirung nöthige Drehung des Horizontalkreises. Der letztere hat 250 mm Durchmesser, ist aus Phosphorbronce und trägt auf seiner versilberten Oberfläche eine Theilung in ganzen Graden, deren Bezifferung im Sinn der Uhrzeiger-Bewegung wächst.

Fig. 4.



Als Alhidade dient ein Messinglineal, welches um einen in der Mitte des Kreises befestigten conischen Zapfen aus Kanonenmetall drehbar ist. Zu dem Zwecke ist auf das Alhidadenlineal eine niedrige Messingsäule F aufgeschraubt, welche

eine dem Zapfen entsprechende Bohrung besitzt. Oben trägt der Zapfen auf einer quadratischen Verlängerung eine kreisförmige Plattenfeder, die durch eine Schraube auf die Oberfläche der Säule gedrückt wird und das Herausfallen des Zapfens verhindert. Feder und Schraube werden durch die Messinghülse G bedeckt. Das Alhidadenlineal trägt außerdem noch die Libelle H zum Horizontalstellen der Umdrehungsebene, die Säule K mit dem Achsenlager für den Verticalkreis, sowie den Index bei E.

Der Verticalkreis L ist etwas länger als ein Viertelkreis, hat 250 mm Durchmesser, enthält 90 Grad und ist so beziffert, daß der Index M auf Null zeigt, wenn das Diopter horizontal steht. Durch drei Schrauben ist er auf dem scheibenförmigen Ende des Zapfens und durch eine Schraube an dem Visirlineal N befestigt. Der horizontale Zapfen ist ähnlich wie der verticale construirt, nur kürzer. Das Visirlineal ist aus Mahagoniholz, matt schwarz gebeizt und auf der Visirebene mit Elfenbeineinlage versehen. Da der Schwerpunkt des Systems einseitig liegt, so ist die Schlußschraube des Zapfens gut anzuziehen; auch ist beim Index M eine Schleiffeder anzubringen, die durch Reibung der Schwere entgegenwirkt. Index und Feder werden durch einen auf die Hülse G aufgeschraubten Arm getragen.

Zum Einstellen der Kreise dienen die elfenbeinernen Handgriffe O und P.

Endlich ist noch die zur gleichzeitigen Beleuchtung beider Indices dienende Laterne Q zu erwähnen, welche durch einen leichten, auf die Säule F geschraubten Arm gehalten wird, der den Ring R trägt. In diesen ist die Laterne eingesetzt und wird dabei durch einen Stellstift in ihrer Lage festgehalten; beim Reinigen, Anzünden &c. wird sie herausgehoben. Um das Licht nach Belieben durch die beiden mit Glas verschlossenen Seitenrohre auf die Indices zu werfen oder auch abzusperren, ist in das Hauptrohr der Laterne noch ein zweites, leicht bewegliches Rohr eingeschoben, welches durch die in einem schraubenförmigen Schlitz des Hauptrohres laufende Handhabe S gedreht und gleichzeitig gehoben wird; nur bei der höchsten Stellung von S fällt Licht auf die Indices. Die Seitenrohre sind durch galvanoplastisch niedergeschlagene Kupferringe auf dem Hauptrohr befestigt.

Bei den allerdings sehr armen Juli- und August-Sternschnuppenschwärmen 1884 hat v. Gothard Gelegenheit gehabt, die Leistungsfähigkeit dieses Instrumentes zu erproben und gefunden, daß die Aufstellung rascher und vollkommener erfolgt als bei den alten Instrumenten und daß auch die Messung viel sicherer ist.

Ein ganz ähnliches, zu demselben Zweck dienendes Instrument wie das Gothard'sche Meteoroskop, hat übrigens schon vor längerer Zeit der Director der Wiener Sternwarte, Prof. E. v. Weiß, construirt.

II.

Physik und Meteorologie.

Allgemeine Physik.

Statik und Dynamik fester Körper.

Die Einwirkung des Druckes auf feste Körper ist in den letzten Jahren sehr eingehend von Walther Spring untersucht worden.

Zunächst [1]) hat derselbe seine Aufmerksamkeit der bekannten Thatsache zugewandt, daß manche pulverförmige Körper sich durch sehr starken Druck wieder zu festen Blöcken zusammenschweißen lassen, welche indessen nicht selten feine Risse zeigen und sich leicht wieder zerbrechen lassen. Wahrscheinlich rührt diese Unvollkommenheit der Schweißung von Lufttheilchen her, die zwischen den Pulvertheilchen haften geblieben sind, und es mußte daher von Interesse sein, die Versuche im luftverdünnten Raume vorzunehmen. Spring hat daher einen dazu geeigneten Apparat hergestellt, der Drücke bis zu 2550 Atmosphären anzuwenden gestattet, während ein anderer Apparat desselben die Anwendung von allmählich gesteigerten Drücken bis zu 20 000 Atmosphären bei verschiedenen Temperaturen ermöglicht.

Im Ganzen hat Spring 83 Substanzen starken Drücken ausgesetzt und er ist durch diese Versuche zu dem Schlusse gelangt, daß feste Körper, wenn ihre Berührung eine innige ist, sich durch hinreichend starken Druck zusammenschweißen lassen, und zwar erfolgt dies bei weichen Körpern leicht, bei harten schwer. Ferner ergab sich, daß die krystallinischen und die nur zufällig amorphen Körper die Eigenschaft besitzen, unter

1) Bulletin de l'Acad. royale de Belgique, Sér. 2, T. XLIX, p. 319.

hohem Druck, zusammenschweißen, und selbst beim Comprimiren eines nur zufällig amorphen Körpers in Pulverform wurde ein Körper mit krystallinischem Bruch aus dem Apparate genommen; es war also die Krystallisation unter dem Einflusse des Druckes erfolgt. Indessen fand Spring nur 7 unter 83 Körpern nach Einwirkung des Druckes krystallinisch, und es würde daher übereilt sein, wenn man die Krystallisation unterm Einfluß starken Druckes als eine allgemeine Eigenschaft der Körper bezeichnen wollte. Spring hält übrigens dafür, daß die Weichheit nicht eine eigentlich active Ursache für das Zusammenschweißen ist, sondern daß sie dasselbe nur in sofern begünstigt, als sie den festen Theilchen die vollkommene Annäherung unter dem Einflusse des Druckes ermöglicht und dieselben nicht hindert, sich nach der Richtung der Krystallachsen zu orientiren. Er glaubt nämlich, daß die Anziehung der Theilchen vorzugsweise in Richtung der Krystallachsen wirksam ist. Was die andere Kategorie von Körpern anlangt, die eigentlich amorphen, so giebt es unter ihnen solche, die leicht zusammenfließen, wie das Wachs, während andere, wie die amorphe Kohle, sich nicht vereinigen lassen. Ferner giebt es manche, wie das Pech, welche bei gewöhnlicher Temperatur schon unter dem Drucke ihres eignen Gewichts fließen, während andere, die sogar weicher sind, wie die Seife, nicht fließen. Dieser Unterschied der Fluidität unter normalem Drucke kann sich auch unter starkem Drucke geltend machen. Spring schlägt deshalb vor, die weichen Körper, welche sich vereinigen, „wachsartige" (ciroïde), die andern „nicht wachsartige" (aciroïde) Körper zu nennen. Als allgemeines Ergebniß stellt er hin, daß der krystallinische Zustand die Vereinigung der Körper begünstigt, der amorphe Zustand aber sie nicht immer verhindert.

Durch Zusammendrücken von prismatischem oder amorphem Schwefel erhielt Spring oktaëdrischen Schwefel; Mischungen verschiedener Körper reagiren chemisch auf einander, und verbinden sich, wenn das specifische Volumen des Produktes kleiner ist, als die Summe der specifischen Volumina der reagirenden Körper. Der Bildung von Sulfiden auf diesem Wege ist bereits im Jahrg. XIX dieses Jahrb., S. 318, Erwähnung geschehen.

Bei weiteren Versuchen[1]) gelang es Spring, pulver-

1) Ber. der deutschen chem. Ges. XV, S. 595.

förmige Substanzen zu förmlichen Legirungen zusammenzupressen. Er setzte z. B. Feilspäne von Wismuth, Kadmium und Zinn, im Verhältniß des Wood'schen Metalles gemischt, einem Drucke von 7500 Atmosphären aus, pulverisirte den erhaltenen Block und setzte die gewonnenen Feilspäne von Neuem demselben Drucke aus. Dadurch erhielt er eine feste Metallmasse, die alle physikalischen Eigenschaften der Wood'schen Legirung zeigte und, in Wasser von 70° C. geworfen, sofort schmolz. In gleicher Weise gelang es durch zweimalige Pressung aus Blei, Wismuth und Zinn Rose'sches Metall herzustellen. Dagegen hatten die Versuche, aus Zink- und Kupferfeilspänen durch starken Druck Messing zu gewinnen, nicht den gewünschten Erfolg. Die erste Pressung ergab ein bloßes Conglomerat beider Metalle; wurde dieses gefeilt und wieder gepreßt, und dieser Prozeß fünf- bis sechsmal wiederholt, so wurde endlich ein Block erhalten, der allerdings dem Messing ganz ähnlich war, nur ein dunkleres Aussehen hatte.

Endlich hat Spring auch die Frage zu entscheiden versucht,[1]) ob die Zunahme des specifischen Gewichts beim Hämmern die Folge einer wirklichen Verdichtung der Metallmasse ist oder nur von dem Verschwinden kleiner Ritzen und Hohlräume herrührt, die sich beim Gießen im Innern des Metalles gebildet hatten. Für letztere Erklärung spricht schon der Umstand, daß gerade diejenigen Metalle, welche im geschmolzenen Zustande reichlich Gas absorbiren, das sie beim Erstarren theiweise wieder abgeben, wie Platin, Gold, Silber, Kupfer, auch beim Hämmern die größte Zunahme des specifischen Gewichtes zeigen. In der That haben auch Springs Versuche die Richtigkeit dieser Ansicht ergeben. Bei diesen Versuchen wurden die Metalle ungefähr drei Wochen lang der Einwirkung eines allmählich bis 20 000 Atmosphären gesteigerten Druckes ausgesetzt, worauf man ihre Dichte bestimmte, um sie abermals mehrere Tage hindurch diesem Drucke zu unterwerfen. Die Versuche erstreckten sich theils auf solche Metalle, welche die Eigenschaften, im geschmolzenen Zustande Gase aufzulösen, gar nicht oder nur in geringem Grade besitzen, wie Blei, Zinn, Wismuth, Antimon, Kadmium, Aluminium, Zink,

---

1) Bulletin de l'Acad. royale de Belgique. Série 3, VI, No. 11 (1885).

theils auf trockene Salze, wie Chlorid, Bromid, Jodid und Sulfat von Kalium, ferner Ammoniumsulfat, Ammonium-, Kalium-, Thallium-, Cerium-, Chromalaun. Das Chlorid, Jodid und Bromid des Kaliums wurden zuerst geschmolzen und dann pulverisirt. Es zeigten nun die Metalle und die ebengenannten drei Kalisalze nach der ersten Pressung eine Zunahme der Dichte, die dann nach der zweiten Pressung innerhalb der Grenzen der Beobachtungsfehler unverändert blieb. Bei den in Untersuchung gezogenen Sulfaten und Alaunen war überhaupt keine Aenderung der Dichte wahrzunehmen. Daraus schließt nun Spring, daß die Verdichtung der Metalle beim ersten Druck lediglich eine Folge der Ausfüllung von Spalten &c. ist.

Von besonderem Interesse war bei diesen Versuchen das Verhalten der Körper während des Pressens. Unter starkem Drucke verhielten sie sich nämlich ähnlich wie flüssige oder gasförmige Körper, indem sie allerdings ihr Volumen mehr oder minder verringerten, aber beim Nachlassen des Druckes wieder auf das frühere Volumen zurück gingen, sofern nicht die Temperatur eine entsprechende Aenderung erfuhr. Indessen ist die Unfähigkeit, sich dauernd zu verdichten, bei festen Körpern nur dann vorhanden, wenn dieselben keinen specifisch schwereren allotropischen Zustand besitzen. Ist ein solcher vorhanden, so wird der Körper durch starken Druck aus dem weniger dichten in den dichteren Zustand übergeführt. So haben schon die früheren Experimente Springs gezeigt, daß sowohl plastischer als frisch bereiteter prismatischer Schwefel unterm Einflusse starken Druckes allein in oktaëdrischen übergeht, und ebenso wird das gelbe amorphe Quecksilberjodid leicht in das krystallinische, schwerere rothe Jodid übergeführt, sowie amorphes Arsen in das schwerere krystallinische.

Diese Ergebnisse klären uns über die Vorgänge beim Prägen von Münzen und ähnlichen Prozessen auf. Es handelt sich nämlich hierbei um keine Zusammenpressung des Metalles unter dem Stempel, sondern es tritt vielmehr ein Fließen des Metalles in die vertieften Stellen ein, und ähnlich ist der Vorgang beim Biegen einer metallenen Stange aufzufassen: im concaven Theile tritt eine Verdichtung, im convexen eine Ausdehnung ein; da aber überall die ursprüngliche Dichte

sich wieder herstellen muß, wenn man die Stange frei läßt, so muß, sofern eine bleibende Gestaltveränderung eintritt, eine gewisse Menge Metall von der concaven nach der convexen Seite hin fließen. Bei einem genügend weichem Metall wird dieses Fließen leicht erfolgen; im Gegenfall wird die Stange um so leichter brechen, je rascher man sie zu biegen sucht.

Diese Anschauungen geben uns eine klarere Vorstellung von der „Elasticitätsgrenze" eines festen Körpers. Man kann dieselbe nämlich bezeichnen als den kritischen Punkt, bei welchem der Stoff unter dem Einfluß der auf ihn wirkenden Kräfte anfängt zu fließen. Manche Körper lassen sich bekanntlich beim Ueberschreiten der Elasticitätsgrenze nur wenig umgestalten, zerreißen und zerbrechen aber dann mit großer Leichtigkeit; von solchen Körpern müssen wir annehmen, daß ihre Theilchen unter stärkerem Druck nicht ins Fließen gerathen.

Zur Ermittelung des specifischen Gewichts der gepreßten Substanzen, welche kleine Cylinder von 8 mm Durchmesser und 5 bis 8 mm Höhe bildeten, hat Spring ein Pyknometer construirt, bei dem das Gewicht des Wassers nicht unverhältnißmäßig groß gegenüber dem der Substanz ist. Dasselbe besteht aus einem Glasfläschchen, dessen Boden aus einem gut eingeschliffenen, conisch geformten Glasstöpsel besteht, der immer gleichweit in das Fläschchen eindringt. Der Hals, welcher eine Marke trägt, ist ebenfalls mit einem eingeschliffenen Glasstöpsel versehen; der übrig bleibende Hohlraum ist nicht größer als zur Aufnahme der Preßcylinder nöthig ist. Mit diesem Apparate wurden nach der zweiten Pressung folgende Dichten gefunden:

Blei 11·492 bei 16°, Zinn 7·296 bei 11°, Wismuth 9·863 bei 15°, Antimon 6·740 bei 16°, Kadmium 8·667 bei 16°, Aluminium (käufliches) 2·750 bei 16°, Zink 7·150 bei 16°.

Die Resultate, zu denen Spring gelangt, sind indessen mehrfach angefochten worden, so namentlich von Ed. Jannettaz[1]), welcher Antimon, Wismuth, Zink, Eisen, Zinn, Kupfer, Blei; D'Arcet'sches Metall, Messing, Schwefelblei, Schwefelzink; Chlornatrium, Chlorblei, Chlorquecksilber; Jodquecksilber;

1) Bulletin de la Soc. chim de Paris. 20 Juillet 1883.

Magnesia, Thonerde, Kieselerde; Kreide und Kupfersulfat Drucken von 6000 bis 8000 Atmosphären aussetzte, unter denen sie zu festen Massen zusammenschweißten. Dabei blieben aber Kreide, Kieselerde, Thonerde und Magnesia erdig; die Thonerde verlor das mechanisch eingeschlossene, nicht aber das chemisch gebundene Wasser; Schwefelzink blieb völlig amorph, das Steinsalz aber wurde ziemlich durchscheinend; das Chlorblei erschien hier und da krystallinisch, aber das zur Verwendung gekommene Pulver hatte dieselbe Beschaffenheit; das schwefelsaure Kupfer, aus Krystallen durch Pulverisiren gewonnen, gab eine krystallinische Masse; das Quecksilberjodid hatte sich unterm Druck nicht wesentlich verändert, nur war es an einzelnen Punkten in Quecksilberjodid und Jod zerfallen. Bei den Metallen aber war die Zusammenschweißung nicht so stark, daß sie der Bearbeitung mit der Feile Schwierigkeiten darboten; doch waren sie ziemlich hämmerbar. Im Ganzen kommt Jannettaz zu dem Schlusse, daß der Druck allein nicht ausreicht, Körper in den krystallinischen Zustand überzuführen; er verleiht ihnen allerdings eine Structur, die man für krystallinisch halten könnte, die aber in Wahrheit schiefrig ist, und dieser schiefrigen Structur entsprechend zeigte sich auch bei den comprimirten Metallmassen die Wärmeleitung.

Was die Bildung chemischer Verbindungen durch den Einfluß starken Druckes auf pulverförmige Substanzen anlangt, so ist Jannettaz der Ansicht, daß hierbei nicht eigentlich der Druck, sondern vielmehr die dabei erzeugte Wärme wirksam ist. Durch Zusammenpressen von Schwefel mit Eisen, Zink, Kupfer, Blei, Wismuth erhielt er nämlich zwar Sulfide, aber nur in sehr geringer Menge, und der bei weitem größte Theil des Schwefels ließ sich durch Behandlung mit Schwefelkohlenstoff wieder gewinnen. Bei einem Versuche mit Wismuth und Schwefel entwichen aus dem Apparate Dämpfe, die sich an der Luft entzündeten, und man erhielt Schlacken von Schwefelwismuth. Bei einem andern Versuch preßte Jannettaz ein Stück Glockenmetall zwischen zwei Platten unter einem Drucke von 6000 Atmosphären zusammen. Dabei flog das Metall auf allen Seiten heraus und zeigte sich an der Oberfläche geschmolzen.

Gegenüber der Ansicht, daß die Wärme, nicht der Druck

selbst bei seinen Versuchen wirksam gewesen sei, weist indessen Spring darauf hin, daß beim Comprimiren eines Körpers in einem allseitig geschlossenen Gefäß die geleistete Arbeit viel zu klein sei, um eine starke Erhitzung hervorzurufen. Phoron mit einem Schmelzpunkte von 28° und Azoxybenzol mit einem solchen von 36° wurden bei Compression in seinem Apparate nicht geschmolzen, und Pulver explodirte nicht. Bei den Jannettaz'schen Versuchen aber gleiten die Körper mit starker Reibung zwischen zwei Platten heraus, und werden dadurch heiß. Die Ursache aber, warum Jannettaz u. A. kein Zusammenschweißen beobachteten, sucht Spring darin, daß dieselben keine trocknen Substanzen verwandten und auch die Compression nicht im Vacuum vornahmen. Eigentliche schiefrige Structur ergiebt sich übrigens nur bei feuchten oder fetten Körpern.

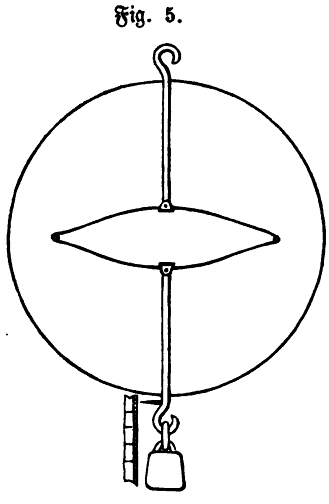
An dieser Stelle mögen auch noch kurz die vor einigen Jahren von Edw. Hungerfort angestellten Versuche über den Einfluß starken Druckes auf Eis und Schnee bei Temperaturen unter 0° Erwähnung finden.[1]) Dieselben habe dargethan, daß Eisstücke selbst noch bei —12·8° unter einem sehr mäßigen, aber lange fortgesetzten Druck fest zusammenwachsen, und daß Schnee bei einem lang andauernden Druck von 2000 Pfund auf den Quadratzoll — wahrscheinlich aber auch schon unter einem viel geringeren — noch bei Temperaturen in der Nähe von — 17·8° in Eis verwandelt wird. Feuchtigkeit ließ sich bei diesen Versuchen nicht mit Sicherheit im Schnee nachweisen.

Elasticität. — Die kinetische Gastheorie, deren Grundgedanken zuerst Daniel Bernoulli in seiner „Hydrodynamik" 1738 auseinander gesetzt hat und die in unseren Tagen durch die Arbeiten von Clausius, Maxwell u. A. weiter entwickelt und begründet worden ist, geht bekanntlich von der Anschauung aus, daß die Gasmolekeln sich mit großer Geschwindigkeit nach allen Richtungen des Raumes bewegen und beim Zusammenstoßen nach Art elastischer Kugeln von einander zurückprallen. Damit ist aber die Erklärung der Elasticität eines Gases auf ein noch schwierigeres Problem zurückgeführt; denn es handelt

1) Am. Journal of Science, Ser. III, XXIII, p. 433.

sich jetzt um die Erklärung der Elasticität der einzelnen Molekeln, also fester Körper. Wenn es möglich wäre, aus unelastischen, in relativer Bewegung begriffenen Massentheilchen ein System zusammenzustellen, welches infolge dieser Bewegung die wesentlichen Eigenschaften eines elastischen Körpers besitzt, so würde dies, wie Sir William Thomson bemerkt hat,[1]) wenn auch noch kein wirklicher Schritt zu einer kinetischen Theorie der Materie, so doch ein Fingerzeig bezüglich des Weges sein, auf dem man hoffen darf, zu einer solchen Theorie zu gelangen. Thomson hat nun in der That gezeigt, daß ein ideelles System materieller Theilchen, die durch massenlose Federn verbunden sind und aufeinander wirken, sich vollständig nachahmen läßt durch ein Modell, welches aus starren Gliedern besteht, die mit einander verbunden sind, wenn einige dieser Glieder oder alle rasch rotirende Schwungräder tragen.

Fig. 5.



Die beiden Figuren 5 und 6 zeigen uns solche materielle Systeme. In Fig. 5 sind die beiden mit Haken versehenen Stäbe, welche aus dem kugelförmigen Gehäuse hervorragen, durch eine elastische Wagenfeder verbunden. In Fig. 6 aber sind die beiden hervorragenden Haken in den entgegengesetzten Ecken eines vierseitigen Rahmens angebracht; um jede Seite rotirt ein Schwungrad, dessen Achse in der Seite liegt, die Richtung der Rotation wird durch die kleinen, mit Pfeilen versehenen Ellipsen angedeutet. Die Haken sind übrigens um die verticale Diagonale des Vierecks drehbar, wie die Figur erkennen läßt. Die beiden aus dem Gehäuse hervorragenden

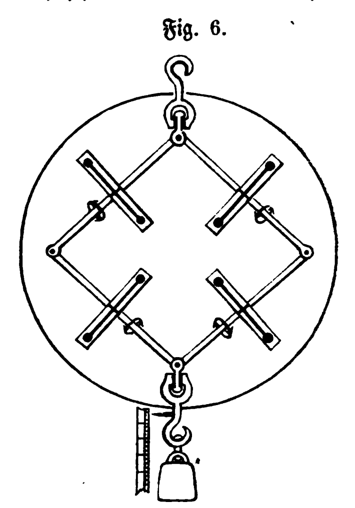
---

1) Rede bei Eröffnung der Sitzung der math.-phys. Section der British Association im August 1884 in Montreal. Nature XXX, p. 417.

Haken werden sich nun in beiden Systemen gleich verhalten: hängt man das eine wie das andere Modell an dem oberen Haken auf und bringt man am unteren ein Gewicht an, so wird das letztere auf und nieder schwingen, und wenn keine Reibung stattfindet, so dauern diese Schwingungen beständig fort. Bringt man aber das Gewicht durch Berührung zur Ruhe, so wird das System in verticaler Richtung ausgedehnt, und diese Ausdehnung ist proportional dem angehängten Gewicht.

Wir haben also hier aus starrer, aber vollständig unelastischer Materie ein vollständiges Modell einer Feder in Form einer Federwage hergestellt, und wenn wir Millionen und aber Millionen Theilchen durch Paare von Stäbchen verbinden, so erhalten wir eine Gruppe, die einen elastischen festen Körper bildet und genau der mathematischen Idee von Navier, Poisson, Cauchy u. A. entspricht, die eine Theorie der Elasticität auf die Annahme anziehender und abstoßender Kräfte zwischen den einzelnen Massentheilchen zu gründen versucht haben. Alles, was eine solche Theorie zu leisten vermag mit ihrer Annahme von Kräften, die nach einem irgendwie von der Entfernung abhängigen Gesetze wirken, das leistet auch das gyrostatische System. Das letztere vermag aber auch die Rotation der Polarisationsebene des Lichtes unterm Einflusse eines Magneten zu erklären, wie dies nun weiter von Thomson auseinander gesetzt wird.

Fig. 6.



Im Anschluß an diesen Versuch einer Erklärung der Elasticität gedenken wir einiger neuerer Arbeiten über die elastische Nachwirkung. Bekanntlich versteht man darunter die Erscheinung, daß in elastischen Körpern das Gleichgewicht sich erst nach längerer Zeit herstellt (vgl. dieses Jahrb. XI, S. 96).

N. A. Heschus zieht aus Beobachtungen von Neesen und Warburg den Schluß, daß das Blei von allen Metallen die bedeutendste elastische Nachwirkung zeigt.[1])

Besonders eingehend hat sich Heschus mit dem Kautschuk beschäftigt. Zu dem Zwecke construirte er sich einen selbst registrirenden Apparat mit einem rotirenden verticalen Cylinder, so daß er aus der Form der auf diesem Cylinder von Kautschuk aufgezeichneten Curven den Gang der Erscheinung erkennen konnte. Unter andern wurde dabei das merkwürdige Resultat erlangt, daß der Kautschuk seine ursprüngliche Länge sofort wieder annimmt, wenn die Deformation nur sehr kurze Zeit dauerte. Die elastische Nachwirkung ist also in diesem Falle ganz unmerklich. Dieses Ergebniß erklärt die bekannte Erscheinung, daß eine Brotkugel, die mit großer Kraft gegen die Diele geschleudert wird, ihre Form nicht ändert. Dagegen kann bei anhaltender Wirkung selbst geringer Kräfte sogar die Form eines spröden Körpers geändert werden.

Ferner ergab sich, daß Kautschuk in denselben Zustand kommt, mag derselbe sich frei unter der Einwirkung eines Gewichts bis zu einem gewissen Grade ausdehnen, oder mag man denselben plötzlich bis zu demselben Grade ausdehnen und solange festhalten, als auf die andere Art zu seiner allmählichen Verlängerung gebraucht wurde.

Weitere Versuche wurden in der Weise angestellt, daß die elastische Nachwirkung sowohl bei der Verlängerung als auch bei der Verkürzung beobachtet wurde, und daß dann die Mittelwerthe der beobachteten Größen für die entsprechenden Zeitintervalle in Betracht gezogen wurden. Es ergab sich auf diese Weise, daß der deformirte nicht ausgedehnte Kautschuk schneller in den Zustand des endlichen Gleichgewichts gelangt, als der ausgedehnte, daß also der Kautschuk im ersten Falle gleichsam eine bessere Elasticitätsleitung besitzt, als im letzteren.

Versuche mit Kautschukstücken von verschiedener Dichte ergaben ferner, daß die elastische Nachwirkung in weniger dichten Stücken geringer ist als in dichteren; in den ersteren stellt sich also der gestörte Gleichgewichtszustand rascher her als in letzteren.

---

1) Einen Auszug aus dessen in russischer Sprache verfaßter Arbeit geben die Beiblätter z. d. Ann. d. Phys. u. Chemie VII, S. 654.

Auch das Verhältniß zwischen Oberfläche und Masse ist von Einfluß; bei gleichen Massen wird nämlich der Gleichgewichtszustand schneller in demjenigen deformirten Körper erreicht, dessen Oberfläche größer ist, bei gleichen Oberflächen in demjenigen mit kleinerer Masse. Es wird sich daher das Gleichgewicht schneller in einem dünnen als in einem dicken Kautschukfaden herstellen.

Von besonderem Interesse sind, sofern sie anderweit Bestätigung finden sollten, die von Hesehus erkannten Analogien der elastischen Nachwirkung mit anderen Erscheinungen. So giebt derselbe an, daß die Gesetze der elastischen Nachwirkung analog denen der Erkaltung und Erwärmung fester Körper, desgleichen denen der Phosphorescenz oder optischen Nachwirkung sind, und ebenso findet derselbe eine merkwürdige Analogie der elastischen Nachwirkung mit manchen elektrischen und magnetischen Erscheinungen (Rückstand der Leidener Flasche, Polarisation der Elektroden u. a.); auch scheint es, daß sich die elastische Nachwirkung durch dieselbe empirische Formel darstellen läßt, wie die Aenderung der Geschwindigkeit der Gasabsonderung aus Palladium, das mit Wasserstoff gesättigt war.

Eine vollständige Theorie der elastischen Nachwirkung, die bis jetzt noch nicht existirt, müßte nach Hesehus ausgehen sowohl von der sehr wahrscheinlichen Hypothese einer Auswechselung zwischen dem äußeren und dem inneren Aether im Körper, als auch von der Hypothese einer innern Reibung und einer Wechselwirkung der schwingenden Molekeln.

Wir gedenken an dieser Stelle noch einer älteren Arbeit von H. Tammen, die es mit der Nachwirkung bei der Torsion von Metalldrähten zu thun hat.[1]) Dieser Autor beobachtete die Schwingungen einer Drehwage, d. h. eines horizontalen schweren Balkens, der in seiner Mitte an einem Drahte aufgehängt ist, und bestimmte dessen Ruhelage durch Beobachtung einer ungeraden Anzahl von Umkehrpunkten. Wie schon bekannt, ändert sich hier die Ruhelage anfangs sehr rasch und noch nach Jahren merklich in demselben Sinne, welche Veränderung Tammen als Wanderung erster Art bezeichnet. Dies gilt für die experimentell bestimmte Ruhe- oder Gleich-

1) „Ueber die unifilar aufgehängte Drehwage". Repertorium für Experimental-Physik XVIII, S. 348.

gewichtslage. Um diese macht aber die wirkliche Ruhelage, wie sich aus den Versuchen von Kohlrausch und G. Wiedemann ergiebt, Schwingungen, die mit denen der Drehwage isochron sind. Tammen nennt diese oscillatorischen Bewegungen Wanderungen zweiter Art. Den directesten experimentellen Beweis für diese Wanderungen haben O. E. Meyer und Neesen erbracht, aus deren Versuchen hervorgeht, daß die mittleren Querschnitte eines in Torsionsschwingungen versetzten Drahtes sich noch lange bewegen, nachdem seine Enden bereits zur Ruhe gekommen sind. Außerdem hat Tammen noch auf eine Wanderung dritter Art aufmerksam gemacht, welche darin besteht, daß die Ruhelage der Drehwage bei abnehmenden Amplituden in einer und derselben Schwingungsreihe in entgegengesetztem Sinn zu demjenigen wandert, in welchem sie sich infolge andauernder oder vermehrter Belastung bewegt.

Diesen drei Wanderungen der Ruhelage entsprechen auch gewisse Aenderungen des logarithmischen Decrementes.

Der Wanderung der ersten Art parallel geht eine Abnahme des Decrementes mit der Zeit, vom Moment der Belastung des Drahtes an gerechnet;

derjenigen zweiter Art eine Abnahme des Decrementes in einer und derselben Schwingungsreihe mit der Abnahme der Amplitude, und

der Wanderung dritter Art entspricht eine Zunahme des Decrementes für gleiche Amplitude mit der Gebrauchszeit des Drahtes.

Zur Erklärung dieser Erscheinungen nimmt Tammen an, daß die äußeren Schichten des Drahtes eine spiralförmige Faserstructur besitzen, die ihnen beim geradlinigen Durchziehen durch die Oeffnung des Drahtzuges ertheilt wird, da die Wandungen der Oeffnung immer etwas uneben sind.

Die Wanderung erster Art erfolgt nun im Sinne der Abwickelung der Fasern; die damit verbundene Streckung lockert zugleich die einzelnen Fasern an der Oberfläche, wodurch die innere Reibung vermindert und eine Abnahme des logarithmischen Decrementes bewirkt wird.

Die Erscheinungen zweiter Art sucht Tammen durch die weitere Annahme zu erklären, daß ähnlich wie an Holzstäben,

nur in weit geringerem Maße, sich durch das Hin- und Herdrehen Spalten zwischen den Faserbündeln bilden, in denen die hervorstehenden Enden von zersprungenen Fäserchen sich dem Zusammenlegen der Spaltenwände beim Rückgang der Torsion entgegenstemmen.

Die Wanderung dritter Art endlich findet ihre Erklärung darin, daß beim Zudrehen der spiralförmig gelagerten Faserbündel des Drahtes eine Flächenreibung zwischen den einzelnen Fasern stattfindet, deren Einfluß nicht eher bemerkbar werden kann, als bis durch die fortschreitende Lockerung zwischen den einzelnen Fasern soviel Fläche bloßgelegt und der Verbrauch an Energie zum Bloßlegen der Fasern so weit herabgemindert ist, daß der durch die Reibung zwischen den Fasern bedingte Verbrauch an Energie nicht mehr so geringfügig ist, daß man ihn gegen den Gesammtverbrauch an Energie in den Schwingungen vernachlässigen darf. Diese Erklärung hat übrigens durch Beobachtungen an einer Drehwage, die nicht an einem Drahte, sondern an einer schwach belasteten Spirale aufgehängt war, Bestätigung gefunden.[1])

Statik und Dynamik flüssiger Körper.

Compressibilität der Flüssigkeiten. — Bekanntlich haben schon die Mitglieder der Accademia del Cimento in Florenz Versuche angestellt, die Zusammendrückbarkeit des Wassers nachzuweisen. Unter andern füllten sie eine silberne Hohlkugel mit Wasser und trieben durch eine Oeffnung mit großer Gewalt einen Stempel ein, wodurch aber nichts erreicht wurde, als daß das Wasser durch die Poren der Wandung gepreßt wurde. Besseren Erfolg hatten die Versuche des englischen Physikers John Canton 1761; die ersten messenden Versuche aber rühren von Oersted her (um 1820), auf den dann Colladon und Sturm folgten, welche die cubische Compression der Gefäßwandungen mit zu berücksichtigen suchten, was Oersted unterlassen hat. Sehr eingehende Untersuchungen hat ferner in den vierziger Jahren Regnault angestellt,

---

1) Vgl. auch die Mittheilnngen von Braun und Kurz im Repertorium für Experimental-Physik XV, S. 561, XVII, S. 233 u. XVIII, S. 665.

und mit dem Apparate desselben hat später Grassi die Zusammendrückbarkeit einer größeren Anzahl Flüssigkeiten ermittelt. Bezeichnet man den Bruchtheil, um welchen das Flüssigkeitsquantum unter dem Druck einer Atmosphäre zusammengedrückt wird, als Compressions-Coëfficient, so ergeben diese Versuche beim Wasser eine Abnahme dieses Coëfficienten mit steigender Temperatur, während bei den übrigen Flüssigkeiten eine Zunahme eintritt. Diese Zunahme des Compressions-Coëfficienten mit steigender Temperatur ist später von Amagat genauer untersucht worden, und es hat sich ergeben, daß dieselbe sehr erheblich ist: bei Methylalkohol, Aethylalkohol, Amylalkohol, Schwefelkohlenstoff beträgt der Compressions-Coëfficient bei 100° etwa das doppelte seines Werthes bei gewöhnlicher Temperatur, ja bei Chloroform und Äthyläther sogar das Dreifache.

Das abweichende Verhalten des Wassers, welches übrigens auch Wertheim auf indirectem Wege nachgewiesen hat, ist nun der Gegenstand neuerer Untersuchungen von S. Pagliani und G. Vincentini gewesen,[1]) welche sich des von Regnault angegebenen Apparates bedienten und mit Drucken von einer bis zu fünf Atmosphären bei Temperaturen von 0° bis 100° arbeiteten. Eine Hauptfehlerquelle wurde von ihnen dadurch vermieden, daß sie nach der Compression hinlänglich lange warteten, bis die Erwärmungen sich ausgeglichen hatten; außerdem wurde auch die Gestaltveränderung des Gefäßes und damit die Gesammtänderung des innern Raumes in Rechnung gezogen. Für den Compressions-Coëfficienten $\varkappa$ bei verschiedenen Temperaturen t ergaben sich folgende Werthe:

t	$\varkappa$	t	$\varkappa$
0°	0·0000503	60°	0·0000389
10	470	70	390
20	445	80	396
30	425	90	402
40	409	100	410
50	367		

Es nimmt also die Zusammendrückbarkeit des Wassers mit

1) Annali del Real Istituto Tecnico Germano Sommeiller di Torino. 12. 1883/84; Auszug in den Beiblättern zu den Ann. d. Phys. u. Chemie. VIII, S. 794.

dem Wachsen der Temperatur von 0° bis 63° regelmäßig ab, entsprechend der Angabe Grassi's; bei höheren Temperaturen aber steigt die Compressibilität beim Wasser wie bei anderen Flüssigkeiten.

Nach den Versuchen von Grassi war beim Wasser ein Maximum der Compressibilität zwischen 0° und 4° zu vermuthen; derselbe fand nämlich für

t	$\varkappa$
0°	0·0000503
1·5	515
4·8	499

Nach Pagliani und Vincentini ist ein solches Maximum an dieser Stelle nicht vorhanden.

Pagliani hat außerdem auch noch Gemische von Alkohol und Wasser untersucht, um zu erfahren, ob ihr Compressions-Coëfficient $\varkappa$ bei wachsender Temperatur ein ähnliches Verhalten zeigt wie der des Wassers. Im Verein mit L. Palazzo experimentirte er zunächst mit Gemischen, deren Zusammendrückbarkeit geringer ist als die des Wassers.

Wie dieser Coëfficient bei 0° von dem Alkoholgehalt abhängt, zeigt folgende Zusammenstellung, in welcher p die Gewichtsmenge Alkohol bedeutet, die in 100 Gewichtstheilen Flüssigkeit enthalten ist:

p	$\varkappa$	p	$\varkappa$
0	0·0000503	23·98	0·0000381
6·69	464	29·19	391
11·38	431	38·28	434
13·29	417	50·88	499
19·67	385	100	970

Aus diesen Zahlen ist ersichtlich, daß der Compressions-Coëfficient abnimmt mit wachsendem Alkoholgehalt, bis zu etwa 23 Procent, worauf er wieder zunimmt; bei 50 Procent ist er ungefähr ebensogroß wie bei reinem Wasser.

Bei einer Temperatur von 20° haben diejenigen Mischungen einen niedrigeren Compressions-Coëfficienten, deren Alkoholgehalt weniger als 38 Procent beträgt.

Mit wachsender Temperatur nimmt bei Mischungen mit weniger als 19 Procent Alkohol der Compressions-Coëfficient ab bis zu einer bestimmten Temperatur, die je nach dem Pro-

centgehalt verschieden ist, worauf der Coëfficient wieder wächst. Diese Temperatur der geringsten Compressibilität ist stets niedriger als bei reinem Wasser und um so niedriger, je höher der Alkoholgehalt der Mischung ist; beträgt letzterer 19·6 Procent, so liegt jene Temperatur unter 0°. Zwischen ihr und der Temperatur der größten Dichtigkeit scheint keine Beziehung zu bestehen.[1])

Strömungsfiguren. — Schon vor fast anderthalb Jahrzehnten hat Professor Wilhelm von Bezold in München gelegentlich seiner Untersuchungen über die Entstehung der Lichtenberg'schen Figuren auf die Aehnlichkeit der letzteren mit den durch Bewegung von Flüssigkeiten hervorgerufenen Figuren hingewiesen und darauf die Hypothese gegründet, daß jene Figuren, welche bekanntlich beim Ueberschlagen elektrischer Funken auf eine mit Bärlappsaamen oder Kolophoniumpulver bestreute Schellackplatte entstehen, in der Hauptsache ein Ergebniß der Strömungen der Luft seien, in welcher der Versuch angestellt wird. Die Verschiedenheit der Figuren, je nachdem man positive oder negative Elektricität anwendet, führt derselbe darauf zurück, daß man es in dem einen Falle mit einem Aufsaugen, im andern mit einem Ausströmen aus einer Spitze zu thun hat.[2]) Der weiteren Verbreitung dieser Ansicht, die von Bezold auch gegenwärtig noch festgehalten wird, ist wahrscheinlich der Umstand hinderlich gewesen, daß die Wiederholung der Versuche über Strömungen in Flüssigkeiten in der von ihrem Urheber angegebenen Art und Weise etwas umständlich ist. Derselbe bediente sich nämlich einer durch Aufquellen von Traganth gewonnenen dünnen Gallert, deren Oberfläche durch Bespritzen mit feinen Farbtröpfchen bedeckt wurde. Beim Aufsaugen der Traganthmasse vermittels eines feinen Röhrchens ordneten sich dann die Farbtröpfchen zu Figuren, welche die größte Aehnlichkeit mit den positiven Lichtenberg'schen hatten, während sich bei Ausbreitung eines Tropfens verdünnterer Farblösung stumpf begrenzte Figuren ergaben, die an die negativen Staubfiguren erinnerten.

Neuerdings ist nun v. Bezold durch Zufall auf ein an=

---

1) Beiblätter z. d. Ann. d. Phys. u. Chemie VIII, S. 795.
2) Poggend. Ann. Bd. 144, S. 337 u. 526, (1871).

deres, weit gequemeres Verfahren geführt worden.[1]) Er beobachtete nämlich, wie beim Eintauchen der Spitze einer mit rother Korallintinte gefüllten Reißfeder in ein Glas mit Wasser die Tinte sich auf der Wasserfläche als ein scharf begrenzter Fleck verbreitete, von dessen Mitte aus sich ein Theil als feiner Faden mit eigenthümlich verdicktem Ende nach dem Boden hinabsenkte. Er erwartete nun, daß infolge des Mitreißens von Theilen des Fleckes sich radiale Streifen bilden würden, wie er solche früher bei den Saugversuchen in der Traganthgallert beobachtet hatte. Da aber nicht augenblicklich solche Streifen erschienen, so wurde der Versuch mit hektographischer, durch Anilinviolett intensiv gefärbter Tinte wiederholt, die sich auch in der That mit Blitzesschnelle auf der Wasserfläche (von 9 cm Durchmesser) ausbreitete, worauf sich bald Anfänge einer radialen Streifung bemerkbar machten, die sich innerhalb weniger Minuten so vollkommen ausbildete, daß man an ein Rad mit vielen Speichen, etwa an das eines Velocipeds, erinnert wurde. Bei näherer Untersuchung bemerkte nun v. Bezold bald, daß diese Figuren wesentlich ein Bild der Strömungen im Gefäß geben, ein Punkt, der bei früheren Untersuchungen über die Verbreitung von Tropfen auf der Oberfläche und im Innern anderer Flüssigkeiten meist unbeachtet geblieben war, da man die Aufmerksamkeit in der Hauptsache auf molekulare Vorgänge gerichtet hatte.[2]) Obermayer hat allerdings in der unten citirten Abhandlung erwähnt, daß intensiv gefärbte Lösungen von Anilinfarben sich auf Wasserflächen rasch zu Scheiben verbreiten, die später am Rande Risse zeigen und in einzelne Strahlen zerfallen können. Er scheint aber viel dickere Farbhäute gebildet zu haben, wodurch die Einwirkung der Cohäsionsverhältnisse in den Vordergrund gerückt und der Einfluß der Strömungen zurückgedrängt wird.

Zur Ausführung der Bezold'schen Versuche benutzt man verschiedene Arten Tinte, am besten eine concentrirte wässrige Lösung von Methylviolett mit einem kleinen Beisatz von Gly-

---

1) Ann. der Phys. u. Chemie. N. F. Bd. 24, S. 27 u. 569.

2) Vgl. die Literaturnachweise bei Quincke in Poggend. Ann. Bd. 139, S. 1 u. f., besonders S. 74; ferner Marangoni in Nuov. Cim. (2) 3, p. 105 u. 5 — 6, p. 239, Cintolesi, Rend. Lomb. (2) 9, p. 187, Obermayer, Poggend. Ann. Bd. 151. S. 130.

cerin, wie man sie zu hektographischer Vervielfältigung anwendet. Mit Hilfe einer Reißfeder oder eines Pinsels wird eine kleine Menge solcher Tinte auf eine reine Wasserfläche gebracht, wo sie sich außerordentlich rasch zu einer feinen Haut ausbreitet. Reißfeder oder Pinsel sind dabei nicht senkrecht, sondern unter möglichst spitzem Winkel an die Fläche zu bringen, damit die Ausbreitung seitlich erfolge und nicht gleich anfangs eine größere Menge Tinte niedersinkt. Deshalb erscheint auch die Benutzung eines Glasstabes, Tropfglases 2c. ungeeignet, während man mit einer Reißfeder die besten Resultate erhält. Dieselbe muß vorher gut gereinigt und möglichst rasch vom Tintengefäß auf die Wasserfläche gebracht werden, ehe sich noch durch Austrocknen ein Häutchen gebildet hat, wenn die Ausbreitung rasch erfolgen, der Fleck ausgedehnt und die Haut recht dünn werden soll. Ist der Fleck zu klein, so kann man ihn nicht durch Zugabe einer neuen Portion Tinte nennenswerth vergrößern. Zum guten Gelingen des Versuches ist erforderlich, daß die Farbe den Rand der flüssigen Oberfläche nicht bloß erreicht, sondern auch noch etwas am Glase in die Höhe steigt.

Uebrigens vermögen höchst geringfügige Umstände die Ausbreitung der Probeflüssigkeit auf der Wasseroberfläche zu erschweren oder ganz zu verhindern. Nicht nur ganz unbedeutende Beimischungen, sowie Temperaturverhältnisse können hinderlich sein, sondern sogar Spuren von Staub auf der freien Oberfläche beeinflussen die Erscheinung ganz wesentlich. So erfolgt die Ausbreitung der hektographischen Tinte auf dem kalkhaltigen Münchener und wahrscheinlich auf Brunnenwasser überhaupt viel leichter als auf destillirtem Wasser. Ein Tropfen Schwefelsäure oder concentrirter Kali- oder Natronlauge auf ein Liter Wasser, sowie einigermaßen nennenswerthe Mengen Kochsalz genügen, um die Ausbreitung vollkommen zu verhindern, während ganz kleine Mengen reiner Salzsäure nicht nachtheilig wirken. Aehnliches haben übrigens schon die Gebrüder Weber bei der Ausbreitung von Oel auf Wasser beobachtet.[1])

Der Einfluß, den eine dünne, sonst gar nicht bemerkbare Staubdecke auf der flüssigen Oberfläche ausübt, läßt sich

1) Wellenlehre (1825). S. 84.

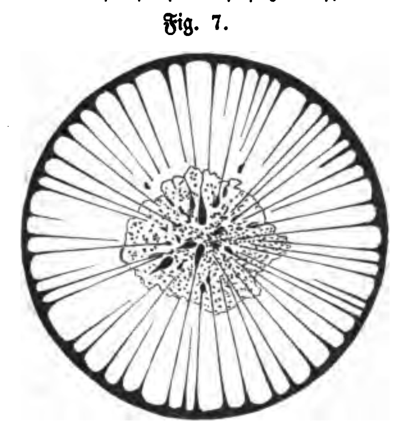
recht deutlich erkennen, wenn man zwei gleiche, mit Wasser gefüllte Gläser einige Stunden lang nebeneinander stehen läßt, das eine offen, das andere mit einer Glasplatte bedeckt. Während sich auf der geschützten Fläche die Tinte rasch und ungehindert ausbreitet, findet die Ausbreitung auf der andern Fläche nicht bloß weniger rasch, sondern auch minder regelmäßig statt: der Rand der farbigen Scheibe, welcher im ersten Falle scharf begrenzt, und bei einem cylindrischen Gefäß mit kreisförmigem Querschnitt nahezu kreisförmig ist, erscheint im zweiten Falle vielfach eingeschnitten und zerrissen. Daß diese Erscheinung auf eine Haut auf der Oberfläche der Flüssigkeit deutet, erkennt man deutlich, wenn man erst mit verdünnter hektographischer Tinte ein Häutchen herstellt und hierauf einen neuen Tropfen auf die Mitte bringt; dieser breitet sich dann nicht mehr kreisförmig aus, sondern in Gestalt eines Sternes mit fünf, sechs oder mehr Strahlen. Erfolgt jedoch das Aufbringen solcher Tropfen dünnerer Tinte sehr rasch nacheinander, ehe die Haut erstarrte, so geht auch die Ausbreitung der Tropfen in Kreisform von statten, und man erhält ein System concentrischer Ringe, welche die merkwürdige Erscheinung zeigen, daß sie im Augenblick des Entstehens größer sind als nachher. Es hat dann das Aussehen, als werde ein elastischer Ring durch die nachfolgende innere Scheibe anfangs ausgedehnt, um nachher wieder in eine gegen die alte, etwas verschobene Gleichgewichtslage zurückzukehren.

Von Einfluß ist es auch, ob das Wasser am Glase adhärirt oder nicht, und dieser Einfluß macht sich schon geltend, wenn der Tintetropfen erst in der Ausdehnung begriffen und noch weit vom Rande entfernt ist. Wenn das Wasser schlecht am Gefäß adhärirt, so breitet sich der Tropfen überhaupt nicht bis zum Rande aus, sondern der Rand übt scheinbar eine Abstoßung auf die Probeflüssigkeit aus, während er dieselbe im entgegengesetzten Fall anzuziehen scheint. Da die Adhäsion zwischen Wasser und Glas auch dann, wenn das letzere anscheinend ganz rein, nur gering ist, so empfiehlt v. Bezold zur Erreichung einer guten Adhäsion die Gläser stets mit Wasser gefüllt stehen zu lassen und vor jedem Versuche frisch aber nicht so hoch wie vorher zu füllen. Uebrigens hat sich v. Bezold durch besondere Versuche davon überzeugt, daß die Wirkung

der Adhäsionsverhältnisse auf die Ausbreitung der Tropfen nur in der Oberflächenspannung der Flüssigkeit ihren Grund hat.

Sind nun die Umstände günstig und ist das Wasser kälter als die Luft des umgebenden Raumes und überdies die Menge der aufgegebenen Tinte so bemessen, daß die Haut nicht zu dick und damit zu undurchsichtig wird, so entstehen bei Anwendung eines Becherglases oder eines cylindrischen Glases innerhalb weniger Minuten auf der Oberfläche Figuren wie Fig. 7. In der Mitte der Oberfläche senkt sich zunächst ein Faden nach abwärts, der meist ein verdicktes Ende besitzt. Namentlich bei größerer Mächtigkeit der Schicht folgen ihm in der Umgebung des Centrums allmählich noch mehrere. Dabei gewinnt die Oberfläche durch das Auftreten unzählig vieler heller Fleckchen ein eigenthümlich gekörntes Aussehn, und indem sich diese Fleckchen rasch in radialer Richtung verlängern, werden Anfänge einer Streifung sichtbar. Am Rande treten nun tropfenartige Verdickungen auf, die sich nach dem Centrum verlängern und bald zu vollkommenen Strahlen ausbilden (Fig. 7). Von der Seite gesehen gewährt das Ganze den Anblick Fig. 8.: der centrale Faden hat sich bis zum Boden herabgesenkt, das verdickte Ende hat sich zuerst wie ein Knopf am Boden ausgebreitet und schiebt sich allmählich nach der wärmsten Seite der Wandung, um, dort umbiegend, wieder nach aufwärts zu steigen.

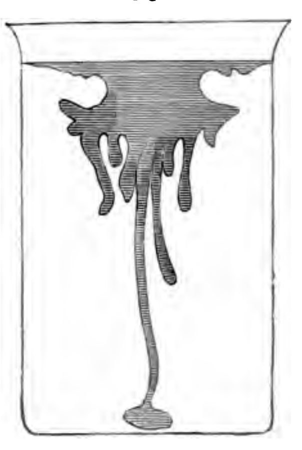
Fig. 7.



Bei einigermaßen großen Tintenmengen treten mehrere Fäden auf, von denen die mittleren gleich anfangs abwärts gehen, während die mehr seitwärts gelegenen sich viel langsamer in gekrümmten Bahnen, erst der Achse zu, dann von ihr weg, bewegen. Dadurch erhält die gefärbte Masse unterhalb der Oberfläche eine Einschnürung, der weiter abwärts

eine scheibenartige Erweiterung folgt, an welche sich weiter nach unten ein mit der Spitze nach unten gekehrter Kegel schließt. Bei mäßigen Farbenmengen und Vermeidung von Störungen ist derselbe sehr regelmäßig, wie Fig. 8; bei größeren Farbenmengen besteht er aus vielen Fäden und ist sehr unregelmäßig. Wenn die Spitze des Kegels am Boden angelangt ist, biegt sie um und folgt nun der Bahn des ersten Fadens. Dabei wird die Einschnürung unterhalb der Oberfläche immer enger, bis schließlich die nach oben gekehrte scheibenförmige Basis des Kegels nur durch einen ganz dünnen Faden noch mit der nun vollkommen farblos gewordenen Oberfläche verbunden ist. Bei dem immer tieferen Sinken des Kegels steigt gleichzeitig die Farbe in kaum sichtbaren Bändern an den Wänden des Gefäßes empor und verbreitet sich von da allmählich an und unter der Oberfläche in wolkenartigen Schichten, aus denen sich später wieder ein kegelförmiges, sackartiges Gebilde abwärts senkt, das ungefähr dieselbe Bahn wie der erste Kegel beschreibt.

Fig. 8.



Wenn die Temperaturunterschiede nicht bedeutend sind, kann der Vorgang mehrere Stunden dauern.

Daß diese Erscheinungen uns wirklich nur ein Bild der Bewegungen darbieten, welche in dem Wasser durch Temperaturdifferenzen hervorgerufen werden, geht aus verschiedenen Versuchen hervor:

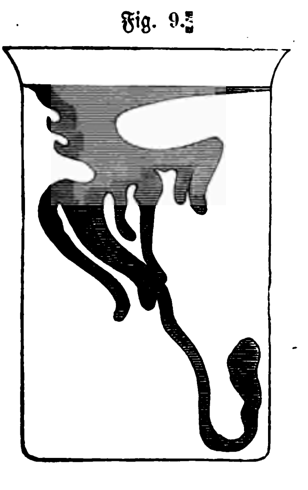
1. Wenn die Temperatur des Wassers höher ist als die der Umgebung, so giebt es im Innern keinen absteigenden Strom, es entsteht dann aber auch weder der starke Stamm im Innern, noch die Strahlenfigur, sondern die Farbe geht von der Mitte der Oberfläche nach dem Rande und steigt dann an den Wandungen als dünner Mantel hinab.

2. Ist das Wasser kühler als die umgebende Luft, die

Wärmezufuhr aber einseitig, so rückt der Stamm nach der kühleren Seite und die Strahlenfigur wird deformirt. Hierzu genügt schon die Aus- oder Einstrahlung durch ein mehrere Meter entferntes Fenster; ein Glas voll Eiswasser macht die durch Strahlung bedingte Abkühlung auf mehrere Decimeter hin geltend, und eine Gasflamme drängt noch aus beträchtlicher Entfernung den abwärts steigenden Strom ganz nach der abgewendeten Seite des Gefäßes hin.

Besonders interessant ist die Erscheinung, wenn man erst eine gleichmäßige Erwärmung einleitet, wie sie sich durch Einwirkung der wärmeren Zimmerluft auf kühleres Wasser bildet, und dann plötzlich eine einseitige Wärmezufuhr, etwa durch Berührung des Gefäßes mit der warmen Hand, eintreten läßt. Der starke Stamm, der sich anfangs zu Boden senkte, wird dann plötzlich bei Seite gebogen, ungefähr wie in Fig. 9.

Fig. 9.



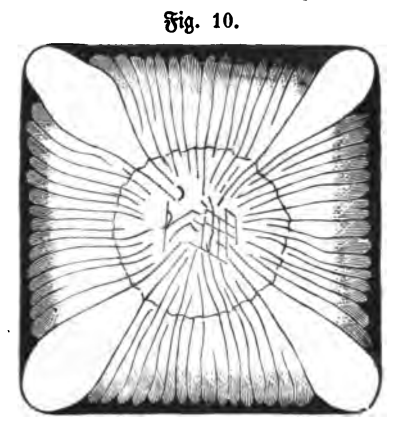
3. Hat das Gefäß keinen kreisförmigen Querschnitt, so findet die Erwärmung an stärker gekrümmten Stellen rascher statt als an minder gekrümmten, und demgemäß sind auch dort die aufsteigenden Ströme lebhafter, wie sich beispielsweise bei der Strahlenfigur für quadratischen Querschnitt (Fig. 10) kund giebt, bei welcher Form der aufsteigende Strom an den Kanten am lebhaftesten ist.

4. Durch Beschleunigung der Erwärmung läßt sich der Einfluß solcher stärker aufsteigenden Ströme noch steigern. Stellt man z. B. ein Becherglas mit frischem Brunnenwasser in ein niedriges Gefäß mit Wasser von etwa 30°, so kann wegen der Lebhaftigkeit des an der Wand aufsteigenden Stromes die regelmäßige Strahlenfigur (Fig. 10) sich nicht mehr bilden, vielmehr theilt sich das ganze Gefäß in sechs bis acht Fächer, deren jedes für sich seinen Kreislauf hat.

Die Beschaffenheit der Farbe ist übrigens nicht ganz gleichgültig; nimmt man z. B. statt der hektographischen Tinte sogenannte Alizarincopirtinte, so erhält man statt der aus größeren Strahlen zusammengesetzten Figur eine aus vielen ganz feinen Strahlen bestehende, und auch Fäden im Innern, insbesondere ihre Köpfe, zeigen je nach Art der in Anwendung gebrachten Flüssigkeit einen eigenartigen Charakter.

In der zweiten der vorher citirten Abhandlungen beschreibt v. Bezold noch eingehender verschiedene Versuche, die sich auf Strömungen im Innern von Wassermassen beziehen, die kleinen Temperaturdifferenzen unterworfen sind. Unter diesen sind von besonderem Interesse diejenigen, bei denen gleichzeitig Erwärmung und Abkühlung eintritt und solche, bei denen die Temperaturen dem Dichtigkeitsmaximum des Wassers nahe liegen. Die letzteren zeigen nämlich ähnliche Erscheinungen wie andere, bei denen man in einem höheren Temperaturniveau theils Erwärmung, theils Abkühlung einwirken läßt, da ja in der Umgebung des Dichtigkeitsmaximums eine weitere Abkühlung ebenso wirkt, als bei höheren Temperaturen eine Erwärmung. Man kann daher zu jedem Versuche, bei denen im Innern des Glases gleichzeitig Temperaturen vorkommen, welche zu beiden Seiten des Dichtigkeitsmaximums liegen, einen analogen Versuch anstellen, bei welchen man höhere Temperaturen benutzt, aber dafür an den Stellen, wo man bei dem ersten Versuche Temperaturen unter 4° hatte, Erwärmung und Abkühlung mit einander vertauscht. Störend wirkt freilich bei Ausführung solcher Analogieversuche der Umstand, daß die Probeflüssigkeit bei verschiedenen Temperaturen ein sehr verschiedenes Verhalten zeigt, namentlich daß sie in der Nähe des Gefrierpunktes außerordentlich

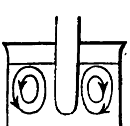
Fig. 10.



zähe wird, zu eigenthümlicher Schalenbildung neigt und viel weniger diffundirt, weshalb die Anzahl der entstehenden Fäden viel geringer wird.

Senkt man in die Mitte eines mit Brunnenwasser von gewöhnlicher Temperatur gefüllten Cylinderglases das untere Ende eines mit kochendem Wasser gefüllten Reagensgläschens einige Centimeter tief ein, so entstehen Strömungen, wie sie Fig. 11 andeutet. An dem heißen Röhrchen in der Mitte steigt nämlich das Wasser in die Höhe, strömt, sich abkühlend, an der Oberfläche nach dem Rande und sinkt nun am Umfang des Glases abwärts; aber schon in geringer Tiefe begegnen die sinkenden Theilchen einem aufsteigenden Strome, welcher hervorgerufen wird durch die Erwärmung, welche das Wasser an der Wandung durch die wärmere Zimmerluft erfährt. So entstehen zwei Kreisläufe: ein oberer im Sinne einer Flüssigkeit, die wärmer ist als ihre Umgebung, ein unterer im entgegengesetzten. Man erhält daher gleichzeitig das Bild einer vom Centrum nach der Peripherie und einer von der Peripherie nach dem Centrum gehenden Strömung. Auf der Oberfläche wird nämlich die Farbhaut vom heißen Proberöhrchen fortgeschoben, einen scharf kreisrund abgegrenzten Ring zurücklassend; im untern Niveau dieser Strömung dagegen bildet sich ein schwebender Stern mit scharf radialer Streifung. Man sieht hier die Analoga der beiden Lichtenberg'schen Figuren gleichzeitig entstehen.

Fig. 11.



Analoge Erscheinungen erhält man bei Anwendung von Wasser von etwa 3°, wenn man in das Proberöhrchen eine Kältemischung bringt.

Den umgekehrten Versuch stellt man an, indem man das mit frischem Brunnenwasser gefüllte Becherglas in ein weites niedriges Gefäß einsetzt, welches kälteres Wasser mit Schnee oder Eisstückchen enthält. Eine interessante Modification ergiebt sich, wenn man das weitere Gefäß geradezu mit Eis füllt, so daß die Abkühlung hier unter 4° herabgeht. Man hat dann an der Gefäßwandung oben wie unten einen aufsteigenden, zwischen drin aber einen absteigenden Strom, und die Grenzlinie von beiden wird in der Gegend des Dichtigkeitsmaximums des Wassers liegen.

Ferner hat v. Bezold mit Erfolg versucht, die farbige Flüssigkeit zum Studium der Diffusionserscheinungen zu benutzen.

Ein Becherglas wurde einige Centimeter hoch mit concentrirter Kochsalzlösung gefüllt, auf welche ein leichtes rundes Brettchen gelegt ward; dann wurde mit einer Pipette Wasser und schließlich die Probeflüssigkeit aufgegeben. Während v. Bezold erwartet hatte, daß erst in der Nähe der durch die totale Reflexion erkennbaren Trennungsfläche von Salzlösung und Wasser eine Aenderung der beim Wasser allein beobachteten Erscheinungen eintreten würde, ergaben sich schon in geringer Tiefe unter der Oberfläche ganz abweichende Verhältnisse. Die von der Mitte hinabgehenden Fäden bogen sich nämlich ungefähr 2 cm unter der Oberfläche zu einer horizontalen Schicht um, die am Rand sich wieder aufwärts bog, so daß im obersten Theile des Glases ein geschlossener Kreislauf herrschte. Um auch die Vorgänge in den tiefern Schichten zu beobachten, wurde eine kleine Menge neuer Probeflüssigkeit aufgegeben, die einfach in die Tiefe sank, einen violetten Faden hinter sich nachziehend. Dieser Faden erfuhr nun eine Menge Knickungen, deren Zahl abhing von der Zahl der Füllungen, die mit der Pipette vorgenommen worden waren. Mit der Zeit aber wurden von dem Probefaden Anhängsel abgetrennt, welche zeigten, daß die Knickungen einzelnen Flüssigkeitsschichten entsprachen, in deren jeder ein eigener Kreislauf vor sich ging. Diese eigenthümliche Schichtenbildung hatte ihren Grund ohne Zweifel in der geringeren Erschütterung des Schwimmers jedesmal beim Aufgeben neuer Flüssigkeit. Dadurch wurde auch die jeweils oberste Schicht in Unruhe versetzt und es trat aus ihr etwas Salz in die eben entstehende Schicht. Es wurden so durch das absatzweise Aufgeben von Wasser Schichten von verschiedener Concentration erzeugt, wobei jedoch die Unterschiede im Concentrationsgrad nur ganz geringfügig waren. Letzteres wurde durch besondere Versuche bestätigt.

Ueber die Bewegung der Flüssigkeiten sind von Osborne Reynolds bemerkenswerthe Versuche angestellt worden.[1]) Es handelte sich dabei zunächst um Feststellung

1) Proceedings of the Royal Soc. XXXV, p. 84; vgl. auch den Vortrag von Reynolds: „The two manners of motion of water“ in Nature XXX, p. 88.

der Verhältnisse, unter welchen beim Durchgang des Wassers durch Röhren wie bei der Bewegung desselben in offenen Canälen Wirbel entstehen. Es zeigte sich u. A., daß in genügender Entfernung von dem windwärts gelegenen Rande eines Teiches selbst bei schwachem Winde unterhalb der Oberfläche stets Wirbel vorhanden sind, sobald die Oberfläche mit einer Oelschicht bedeckt und dadurch beruhigt ist, wogegen die Bildung der Wirbel unterbleibt, dafür aber Wellen auf der Oberfläche erscheinen, wenn sich kein Oel auf der Oberfläche befindet. Mit abnehmender Windstärke nimmt aber der Abstand vom Rande, in welchem die Wirbel entstehen, rasch zu. Die Wirkung des Oeles, das sich auf dem Wasser zu einer Schicht von ganz unmerklicher Dicke ausbreitet, besteht hiernach nicht darin, die Bewegung, welche der Wind dem Wasser ertheilt, zu verhindern, sondern er ändert lediglich die Form der Bewegung: statt der gefahrbringenden Wellen auf der Oberfläche der stürmisch bewegten See bilden sich harmlose Wellen unter der Oberfläche. „Der Wind versetzt das Wasser in einen im hohen Grade unstabilen Zustand, den wir im moralischen Sinne als einen Zustand großer Erregung bezeichnen können; das Oel aber giebt durch eine für uns unmerkliche Einwirkung dieser Erregung die Richtung. Wenn auch dieser Einfluß unmerkbar gering ist, so ist doch erwiesen, daß er mechanischer Art ist, und es scheint, daß dieses Beispiel einer der mächtigsten mechanischen Wirkungen, deren die Kräfte der Natur fähig sind, und die gleichwohl völlig gezügelt wird durch eine mechanische Kraft, die so unbedeutend ist, daß wir sie nicht wahrzunehmen vermögen, jeden Grund beseitigt gegen die Annahme rein mechanischer Quellen für das, was wir geistige und moralische Kräfte nennen."

Bei einer Reihe von Versuchen ließ man einen Streifen stark gefärbten Wassers durch Glasröhren gehen, die mit klarem Wasser gefüllt waren. Wenn dabei das gefärbte Wasser nur eine geringe Geschwindigkeit besaß, so bildete es beim Durchgang einen geraden Streifen. Bei allmählicher Steigerung der Geschwindigkeit mischte sich das farbige Wasser mit dem klaren, so daß in einer gewissen Entfernung von der Eintrittsstelle das Wasser durchaus gefärbt war; diese Entfernung verminderte sich bei wachsender Geschwindigkeit, wurde aber nie gleich Null. Als ein Bild des gefärbten Wassers mittels

eines Projectionsapparates und elektrischen Lichtes auf einen Schirm geworfen wurde, zeigte es sich, daß die gefärbte Masse aus einer Menge mehr oder minder gut unterscheidbarer Wirbel bestand. Diese Wirbel treten bei einem gewissen kritischen Werthe der Geschwindigkeit auf, und zwar sofort in ihrer ganzen Größe. Bei den Versuchen mündeten die Röhren in ein mit Wasser gefülltes Gefäß. War nun letzteres in Ruhe, so ergaben sich die kritischen Geschwindigkeiten, bei denen die Wirbelbildung eintrat, umgekehrt proportional den Durchmessern der Röhren; wuchs die Temperatur von 0° bis 22° C, so nahm die kritische Geschwindigkeit ab. Vergleicht man verschiedene Flüssigkeiten, so zeigt sich diese Geschwindigkeit auch abhängig von der Viscosität (Klebrigkeit), und zwar wächst sie mit dieser; sie ist also beim Syrup größer als beim Wasser. Bei letzterem übersteigt in der Regel in Flüssen 2c. die thatsächliche Geschwindigkeit die erwähnte Grenze und es bilden sich daher Wirbel im Innern der Wassermasse; aber auch bei zäheren Flüssigkeiten tritt dies ein, wenn sie in stärkeren Strömen fließen, z. B. bei Lava, die den Abhang eines Vulkans hinabfließt.

Um Versuche mit zwei Strömen in entgegengesetzter Richtung anzustellen, wurde eine 5 Fuß lange und 1·2 Zoll weite Glasröhre zur Hälfte mit Schwefelkohlenstoff, darüber aber mit Wasser gefüllt und beiderseits zugekorkt. Die Grenzfläche beider Flüssigkeiten war deutlich sichtbar. Wenn nun das eine Ende der horizontalen Röhre etwas gehoben wurde, so floß der schwerere Schwefelkohlenstoff nach unten, und beim raschen Heben erreichten die entgegengesetzten Geschwindigkeiten beider Flüssigkeiten einen von der Neigung der Röhre abhängigen Maximalwerth. War nun die Neigung nur gering, so zeigten sich keine Wirbel oder Wellen, welche aber von einer bestimmten Neigung an im mittlern Theile der Röhre auftraten. Zunächst waren die Wellen nur niedrig; wenn aber mit zunehmender Neigung der Röhren auch die Geschwindigkeiten wuchsen, so wurden die Wellen höher bei gleicher Länge. Bei hinlänglich starker Neigung drang die eine Flüssigkeit in regelmäßigen Wirbeln in die andere ein.

Bemerkenswerth ist auch der Unterschied zwischen der Bewegung des Wassers in sich verengenden und in sich erwei-

ternden Röhren oder Canälen: während die Bewegung im ersten Falle stetig ist, ist sie wellenförmig im zweiten. Daher kommt es auch, daß die Bewegung stetig ist, wenn das Wasser nach einer engen Oeffnung hinströmt, während nach dem Durchgang Wellen gebildet werden. Eine ganz gleiche Wirkung übt auch ein Hinderniß aus, das inmitten des Stromes steht und ebenso die Bewegung eines festen Körpers durch das Wasser. In den Wirbelbewegungen liegt jedenfalls der Unterschied zwischen dem theoretisch berechneten und dem thatsächlichen Werthe des Widerstandes, den ein Schiff bei seiner Bewegung durch das Wasser erleidet.

Wasserglocken hat man früher immer dadurch erzeugt, daß man entweder Wasser aus einer sehr kleinen ringförmigen Oeffnung austreten oder daß man einen Wasserstrahl gegen eine polirte Metallplatte stoßen ließ; in beiden Fällen erhielt man eine aus Wasser gebildete Glocke, die aber ringsum zerrissen und nicht durchsichtig war. Dagegen hat E. Bourdon neuerdings ein Verfahren angegeben,[1] wie man vollkommen durchsichtige und unzerrissene Wasserglocken erhalten kann (vgl. Fig. 12). Anstatt den Wasserstrahl gegen eine Metallplatte stoßen zu lassen, läßt Bourdon zwei Wasserstrahlen auf einander treffen, von denen der obere aus einem cylindrischen Rohr, der untere aber aus einem sich kegelförmig unter einem Winkel von etwa 12° verengenden Rohr austritt. Der Wasserzufluß wird durch einen Hahn regulirt. Wenn der Druck des Wassers etwa 20 cm beträgt, die Röhrenweite und ebenso der Abstand der beiden Mündungen 2 cm ist, so erhält man Wasserglocken von etwa 50 cm Durchmesser. Stößt man einen sehr dünnen Kupferdraht in verticaler Richtung in den höchsten Theil der Wasserglocke, so theilt sie sich, und man kann eine Statuette, eine brennende Kerze, einen Käfig mit einem Vogel oder andere kleine Gegenstände ohne sie zu benetzen unter die Glocke stellen.

Ueber die Osmose strömender Flüssigkeiten hat E. Wibel Beobachtungen angestellt,[2] die deshalb von besonderem Interesse sind, weil man bisher gewöhnlich nur die Exosmose und Endosmose ruhender Flüssigkeiten untersucht hat.

1) La Nature XII, p. 159.
2) Abhandl. des Naturwissensch. Ver. Hamburg-Altona VII, (1883).

Je nachdem die Poren der Platten, durch welche der Austausch der Flüssigkeiten vor sich geht, nur dem bewaffneten oder auch schon dem unbewaffneten Auge sichtbar sind, unterscheidet Wibel kryptoporöse und phaneroporöse Diaphragmen; je nach der geringeren oder bedeutenderen Größe der Poren sind die letzteren Diaphragmen entweder mikroporös oder makroporös. Bei den phaneroporösen Platten muß man

Fig. 12.



übrigens von der eigentlichen Endosmose noch unterscheiden eine Pseudo-Endosmose, d. h. eine hydrodynamische Aufsaugung, die verursacht wird durch die Strömung an den Oeffnungen der Poren.

Die Versuche Wibel's zeigen nun, daß bei kryptoporösen Diaphragmen, organischen Stoffen, Membranen, wie Pergamentpapier, Schweinsblase 2c., die Exosmose gesteigert wird durch Strömung, und daß diese Steigerung wächst mit der Geschwindigkeit, während die Endosmose durch die Strömung nicht beeinflußt wird.

Dagegen wird bei phaneroporösen Diaphragmen, unorganischen Substanzen, porösen Platten, z. B. aus Gips, Cement, gebranntem Thon, bei gewöhnlichem Backstein oder Bimstein, die Exosmose durch Strömung vermindert, und zwar um so mehr, je größer die Stromgeschwindigkeit ist. Dabei wird durch die Strömung das Gesetz der osmotischen Aequivalenz aufgehoben, die Pseudo-Endosmose aber gesteigert. Bei mikroporösen Substanzen, wie bei fein gebranntem Thon, Gips, Cement und ähnlichen Materialien, wird die Verminderung der Exosmose durch Strömung mit der zunehmenden Dicke der Platten geringer, während bei makroporösen Substanzen, wie z. B. Bimstein, mit zunehmender Dicke der Platten auch die Verminderung der Exosmose wächst. Während bei Substanzen der ersteren Art die Steigerung der Pseudo-Endosmose durch Strömung nur unbedeutend ist, ist sie bei makroporösen Scheidewänden sehr beträchtlich. Aus diesen Ergebnissen zieht Wibel den Schluß, daß die Befürchtung, es könne durch die Abfuhrcanäle (Siele) eine Vergiftung des Bodens eintreten, indem der Inhalt der Siele durch die Wände durchschwitzt, unbegründet ist. Denn die Exosmose des Siel-Inhaltes ist um so vollständiger aufgehoben, je größer die Stromgeschwindigkeit und je größer der äußere Ueberdruck ist. Es empfiehlt sich dabei gerade die Anwendung möglichst porösen Materiales von entsprechender Wandstärke.

Statik und Dynamik gasförmiger Körper.

Dichte der Gase. — In der Sitzung der Reale Accademia dei Lincei in Rom am 4. Februar d. J. lenkte Dr. Agamennone die Aufmerksamkeit auf die Fehlerquellen, welche bei Bestimmung der Dichte von Gasen zu berücksichtigen sind. Als die ersten einigermaßen befriedigenden Versuche zur Bestimmung des specifischen Gewichts von Gasen bezeichnete er die von Dumas und Boussingault ausgeführten; die wichtigsten Verbesserungen der betreffenden Methoden habe aber Regnault eingeführt. Doch seien auch Regnaults Bestimmungen nicht fehlerfrei. Dr. Agamennone hat im königlichen Physikalischen Institute in Rom alle Versuche Regnault's wiederholt, und indem er einen Irrthum des französischen Physikers ver-

bessert, giebt er das Gewicht eines Liters atmosphärischer Luft bei 0° und 760 mm Barometerstand zu

$$1{\cdot}292767 \pm 0{\cdot}000067\ g$$

an. Kohlrausch und Lasch haben dafür aus Regnaults Messungen den Werth 1·292756 g abgeleitet.

Aëronautik. — Vor zwei Jahren hat die Luftschifffahrt ihr einhundertjähriges Jubiläum gefeiert. Denn wenn auch aus einem 1694 geschriebenen Bericht des französischen Missionärs Basson hervorgeht, daß schon 1306 bei der Thronbesteigung des chinesischen Kaisers Fo-kien das Aufsteigen eines Luftballons in Peking einen Theil der Festlichkeit gebildet hat, und wenn auch bereits 1736 der Portugiese Guzman in Gegenwart des Hofes mittels eines mit Papier überzogenen Holzgeflechtes, unter dem ein Feuer brannte, eine Luftfahrt versuchte, so ist doch erst im Jahr 1783 die Luftschifffahrt in die Praxis eingetreten. Am 5. Juni 1783 ließen die Gebrüder Joseph Michel und Jacques Etienne Montgolfier zu Annonay den ersten Ballon steigen, der noch durch ein in seiner untern Oeffnung brennendes Holzfeuer getrieben wurde. Statt der durch das Feuer verdünnten Luft beschloß Jaques Alexandre Cesar Charles Wasserstoff zur Füllung des Ballons zu benutzen, und schon am 27. August desselben Jahres stieg der erste derartige Ballon vom Marsfeld in Paris empor. Zur ersten Luftfahrt, welche Pilâtre de Rozier mit dem Marquis d'Arlande am 21. October 1783 unternahm, wurde noch ein Ballon mit brennendem Feuer, eine Montgolfière, benutzt; doch schon am 1. December folgte Charles mit den Brüdern Robert unter Benutzung eines mit Wasserstoff gefüllten Ballons, einer Charlière. Der Eifer, mit welchem man damals die Luftschifffahrt betrieb, wird durch die Thatsache bezeugt, daß bis 1785 bereits 35 Luftfahrten mit 58 Personen stattgefunden hatten.[1])

Groß waren die Erwartungen, die man in der ersten Zeit von dem neuen Vehikel hegte; sie wurden nur zu bald bedeutend herabgesetzt, insbesondere als es nicht gelingen wollte, das Problem der willkürlichen Lenkbarkeit des Ballons in ho-

---

1) Vgl. Auerbach, Hundert Jahre Luftschifffahrt. Breslau 1883.

rizontaler Richtung zu lösen. Schon 1784 hatte die Akademie zu Lyon einen Preis auf die Lösung dieses Problems gesetzt, worauf nicht weniger als 90 Denkschriften einliefen, und auch noch nachher hat es nicht an Vorschlägen in dieser Richtung gefehlt.[1]) Die ersten praktischen Resultate erhielt aber erst Henri Giffard, der am 24. September 1855 in Paris eine Auffahrt mit einem cigarrenförmigen Ballon unternahm, in dessen Gondel sich eine dreipferdige Dampfmaschine befand, welche eine Flügelschraube trieb. Da dem Ballon auf diese Weise eine selbstständige Bewegung ertheilt wurde, so folgte er auch bis zu einem gewissen Grade dem Steuerruder, das am hintern Ende einer unterhalb des Ballons aufgehängten Stange in Form eines dreieckigen Segels angebracht war.

In Giffard's Fußtapfen trat im Anfang der siebziger Jahre der pariser Akademiker Dupuy de Lôme, der indessen zur Bewegung der Flügelschraube Menschenkräfte anwendete, was man wohl als einen Rückschritt bezeichnen darf. Ueber diese Versuche ist im 8. Jahrg. dieses Jahrb., S. 226 u. f., berichtet worden. Daselbst ist auch noch der Bemühungen des Ingenieurs Paul Hänlein aus Mainz gedacht worden, der als Triebkraft eine Gasmaschine anzuwenden versuchte. Nachdem derselbe durch ein in Wien gebildetes Consortium die nöthigen Mittel erhalten hatte, construirte er einen langgestreckten Ballon von 50·4 m Längenachse und einem größten Querdurchmesser von 9·2 m, dessen Längenschnitt der Wasserlinie eines Schiffes ähnlich war. Die für den vorliegenden Zweck von Hänlein umgeänderte und mit Kühlern versehene Lenoir'sche Gasmaschine trieb eine an der Gondel angebrachte vierflügelige Luftschraube von 4·6 m Durchmesser und 6 m Steigung; das Gas empfing sie aus dem großen Ballon, dessen Gasverlust durch Aufblasen eines in demselben befindlichen kleinen Ballons compensirt wurde. Einen solchen kleinen Ballon im Innern des Hauptballons, der beim Aufblasen mit Luft eine ähnliche Rolle spielt wie die Schwimmblase der Fische, hatte schon Meusnier 1794 vorgeschlagen, wie denn auch die cigarrenförmige Gestalt des Ballons und die Verwendung der Schraube von Meusnier angegeben worden sind. Zwischen Gondel und

---

1) Vgl. Kohn's Mittheilungen in der Zeitschrift des österreich. Ingen. u. Archit.-Ver. 1872, II. S. 38.

Ballon war bei dem Hänlein'schen Luftschiff das Steuer angebracht. Mit diesem Vehikel wurden nun am 13. December 1872 und den folgenden Tagen in Brünn Versuche angestellt, die auch bis zu einem gewissen Grade gelangen, indem sowohl Luftschraube als Steuer sich wirksam erwiesen und bei voller Kraft der Maschine eine Geschwindigkeit von 5 m in der Secunde erreicht wurde. Durch Differenzen mit dem Consortium sah sich aber Hänlein außer Stand gesetzt, seine Ideen weiter zu verfolgen.

Durch die Versuche von Giffard, Dupuy de Lôme und Hänlein war die Möglichkeit, den Ballon zu lenken und selbst gegen den Wind zu steuern, dargethan, wenn man ihm nur eine hinlänglich große eigne Geschwindigkeit geben kann. Menschenkräfte, Dampf- oder Gasmotoren können dazu wohl benutzt werden, doch ist ihre Anwendung mit mancherlei Uebelständen und theilweise mit Gefahren verbunden, weshalb man es als einen glücklichen Gedanken bezeichnen muß, daß Gaston Tissandier in Paris elektrische Motoren für diesen Zweck in Vorschlag brachte. Schon auf der Elektricitäts-Ausstellung in Paris 1881 sah man ein Modell dieses Systems und später ließen die Brüder Albert und Gaston Tissandier einen cigarrenförmigen Ballon von 28 m Länge, 9·2 m größtem Durchmesser und 1060 cbm Inhalt aus Perkalin herstellen, welches durch einen besondern Firniß wetterfest gemacht wurde. Derselbe wurde mit einer Siemens'schen Elektro-Dynamomaschine ausgestattet, welche eine an der käfigartigen Gondel angebrachte Luftschraube mit zwei Spiralflügeln von 2·8 m Durchmesser in Umdrehung zu versetzen vermochte. Den elektrischen Strom lieferte eine Batterie von 24 Elementen mit einer Lösung von doppeltchromsaurem Kali. Ein Quecksilber-Commutator gestattete nach Belieben 6, 12, 18 oder alle 24 Elemente wirken zu lassen; wenn alle Elemente nach Spannung verbunden waren, so leistete der Motor eine Arbeit von 100 kg-m in der Minute, und die Schraube machte 180 Umdrehungen. Das Gewicht der einzelnen Theile war folgendes:

Ballon mit Ventil	170 kg
Steuerruder mit Aufhängung	70 „
Seitliche Träger	34 „

Gondel	100 kg
Motor, Schraube, Batterie mit Flüssigkeit für $2^1/_2$ Stunden	280 =
Anker und Schleppseil	50 =
2 Personen mit Instrumenten	150 =
Ballast	386 =
zusammen	1240 kg

Zur Füllung diente Wasserstoffgas, das in einem eigens construirten Apparate mittels Eisen und Schwefelsäure aus Wasser entwickelt wurde. Rechnet man einen Ueberschuß von 10 kg für das Aufsteigen, so betrug die Steigkraft 1180 g für das Cubikmeter.

Die erste Probe mit diesem Luftschiff wurde am 8. October 1883 angestellt. Nachdem der Ballon in weniger als 7 Stunden mit Gas gefüllt worden, erfolgte um 3 Uhr 20 Min. Nachmittags von Auteuil aus bei mäßigem OSO.-Wind der Aufstieg, und gegen $4^1/_2$ Uhr landeten die beiden Tissandier in der Nähe von Croissy-sur-Seine. Dabei stellte sich nun heraus, daß bei voller Wirkung der Maschine das Luftschiff einem mit 3 m Geschwindigkeit wehenden Winde gegenüber Stand zu halten vermochte, und ebenso war es, wenn der Windrichtung entlang gefahren wurde, möglich, aus derselben abzulenken. Eine Rückfahrt gegen den herrschenden zu starken Wind war nicht ausführbar. [1])

Eine zweite Auffahrt unternahmen die beiden Tissandier am 26. September 1884.[2]) Sie hatten inzwischen an ihrem Fahrzeuge verschiedene Aenderungen vorgenommen, namentlich am Steuer; auch waren die Zinkplatten in der Batterie durch größere ersetzt worden und es kam eine concentrirtere Kaliumbichromatlösung zur Verwendung, so daß die Schraube 190 Umdrehungen in der Minute machte. Der Aufstieg erfolgte 4 Uhr 20 Min. von Auteuil aus. In 400 m Höhe wurde der Ballon von einem ziemlich lebhaften NO-Wind fortgerissen, dann ließ man die Maschine wirken und lenkte das Fahrzeug so, daß es einen Halbkreis beschrieb und seine Spitze wieder auf Auteuil

1) Comptes rendus T. 97. p. 831.

2) Vgl. den von G. Tissandier am 29. Sept. der Pariser Akademie erstatteten Bericht in den Comptes rendus T. 99, p. 530.

gerichtet war. Diese Richtung wurde gegen den Wind fest inne gehalten und es konnte bei voller Wirkung der Maschine ein langsames Fortschreiten erkannt werden; die Geschwindigkeit des Windes betrug 3 m, die des Ballons ungefähr 4 m in der Secunde. Nachdem die Aëronauten ungefähr eine Viertelstunde über das Quartier Grenelle gegen den Wind gesegelt, richteten sie ihren Lauf nach der Sternwarte und wiederholten oberhalb des Quartiers Luxemburg die Versuche, gegen den Wind zu fahren. So verging etwa eine Stunde mit verschiedenen Manövern oberhalb Paris. Dann wurde der Ballon dem ziemlich lebhaften Winde überlassen und bei Sonnenuntergang in der Nähe von Varenne-Saint-Maur gelandet. Der Wind hatte sich inzwischen gelegt und der Ballon bewegte sich jetzt mit größerer Leichtigkeit als früher dem Wind entgegen; der Einbruch der Nacht verhinderte indessen die Ballonfahrt zurück nach Paris.

Inzwischen waren aber auch schon von anderer Seite Versuche mit einem lenkbaren Luftschiff gemacht worden, die großes Aufsehen in Paris erregten: Am 9. August 1884, Nachmittags 4 Uhr, stiegen nämlich bei Windstille von der Militärwerkstätte Chalais-Meudon bei Paris die Hauptleute Charles Renard und Arthur Krebs mit einem Ballon eigner Construction empor. In ungefähr 300 m Höhe angelangt, wurde die Maschine in Thätigkeit versetzt und das Fahrzeug nach Süden gesteuert. Einer der beiden Offiziere führte das Steuer und leitete die Horizontalbewegung, während der Andere das Fahrzeug in constanter Höhe erhielt. Von der Gondel aus sah man den Schatten des Ballons regelmäßig über den Boden gleiten, während man einen leichten Wind fühlte, eine Folge des Fortschreitens des Ballons mit einer Geschwindigkeit von etwa 5 m in der Secunde. Oberhalb Villacoublay, 4 km von Chalais, angelangt, hißten die Luftschiffer eine Flagge, für die in der Werkstätte Zurückgebliebenen das Zeichen der Rückreise. Es wurde nun so manövrirt, daß das Luftschiff einen Halbkreis von ungefähr 800 m Durchmesser beschrieb. Nach Meudon zurückgekehrt, steuerten die Aëronauten ein wenig nach links, um Chalais zu gewinnen, und nach einigen Bewegungen der Maschine vorwärts und rückwärts, die an Präcision den Bewegungen eines Dampfbootes beim Landen

nicht nachstanden, geschah das Niedersinken genau am Ausgangspunkte.[1])

Das Luftschiff (Aéroneuf) von Renard und Krebs besteht aus einem an beiden Enden zugespitzten Ballon von 50·42 m Länge und an der weitesten Stelle 8·40 m Durchmesser. Derselbe ist nicht ganz symmetrisch im hintern und vordern Theil, sondern hinten schmäler als vorn, hat also eine fischähnliche Gestalt, da Krebs durch besondere Versuche diese Form für die parallele Fortbewegung des Ballons günstiger gefunden hatte als die symmetrische Form. Das Volumen des Ballons beträgt 1864 cbm. Die Füllung erfolgte mit Wasserstoff, und um Gasverluste zu compensiren und den Ballon immer gespannt zu erhalten, wurde im Innern ein kleiner Meusnier'scher Ballon angebracht. An den Seilen des Ballonnetzes hängt eine Galerie von 7 m Länge, 2 m Höhe und 1·4 m Breite. Am vordern Ende derselben werden 2 Schraubenflügel von 7 m Durchmesser durch einen elektrischen Motor in rasche Umdrehung gesetzt (bis 46 Umdrehungen in der Minute). Motor wie Schraube sind von Krebs construirt, die Batterie, welche den elektrischen Strom liefert, aber hat Renard erfunden; sie ist von großer Wirksamkeit bei kleinem Volumen. Sonst weiß man über sie wie über den Mechanismus nichts Näheres; nur soll die Batterie sehr kostspielig sein und nicht lange wirksam bleiben, so daß Fahrten von langer Dauer nicht ausführbar sind.

Die Gewichte der verschiedenen Theile sind folgende:

Ballon mit Luftsack	399	kg
Netzwerk	127	"
Gondel	452	"
Ruder	46	"
Schraube	41	"
Maschine	98	"
Transmission	47	"
Bewegungswelle	30·50	"
Batterie u. versch. Apparate	435·50	"
Aëronauten	140	"
Ballast	210	"
zusammen	2000	kg

1) Bericht von Hervé-Mangon, der Pariser Akad. erstattet am 18. Aug. 1884. Comptes rendus, T. 99, p. 316.

Der Bau dieses Luftschiffes erfolgte in dem militärisch-aëronautischen Etablissement von Meudon. Dieser Ort hat schon früher einmal in der Geschichte der Luftschifffahrt eine Rolle gespielt: im Jahr 1794 wurde nämlich hier eine unter der Leitung von Conté stehende militärisch-aëronautische Schule mit Werkstätten gegründet. Da aber Napoleon I. den Beobachtungen im Ballon keine sonderliche militärische Bedeutung beilegte, so wurde diese Anstalt schon 1798 wieder aufgegeben und das ihr gehörige Material 1804 versteigert. Infolge der guten Dienste, welche der Luftballon während des französisch-deutschen Krieges geleistet, wurde nun gleich nach Beendigung des Feldzugs von 1871 in Meudon wieder ein Etablissement für militärische Aëronautik errichtet und der Genieoberst Laussedat an die Spitze gestellt. Diesem wurde 1877 der Auftrag, die verschiedenen Systeme, welche während des Krieges den Verkehr mit belagerten Plätzen ermöglicht hatten, weiter zu vervollkommnen und zu organisiren. Es gehören dahin die optische Telegraphie, die elektrische Beleuchtung, die Taubenpost und der Luftballon. Diese verschiedenen Dienstzweige wurden geeigneten Offizieren anvertraut, und da die Hauptleute Renard und de la Haye sich bereits mit Luftschifffahrt beschäftigt hatten, so wurde ihnen dieses Fach übergeben. Anfangs waren freilich die Mittel zur Anstellung von Versuchen nur sehr gering; indessen gelang es schließlich vom Kriegsminister, General Berthaut, solche zu erlangen; auch wurde der benachbarte Park von Chalais zur Verfügung gestellt, in welchem nun Werkstätten verschiedener Art, ein physikalisches und chemisches Laboratorium, eine meteorologische Station u. a. errichtet wurden. Bald wurde auch ein vollständiges Project eines lenkbaren Luftschiffes unter Renards Leitung vollendet; indessen Berthaut war inzwischen aus dem Ministerium geschieden und unter seinem Nachfolger waren die nothwendigen Mittel zur Ausführung dieses Projectes zunächst nicht zu erlangen. Zu Anfang des Jahres 1878 gelang es aber Renard und de la Haye, Gambetta für ihr Unternehmen zu interessiren, und durch dessen Bemühungen erhielt die Commission für Luftschifffahrt eine Summe von 200 000 Franc zugewiesen, die ihr die Fortsetzung ihrer Arbeiten ermöglicht hätte, wenn sie dieselbe nicht dringenderer Aufgaben halber hätten aufschieben müssen.

Der Hauptmann de la Haye schied um diese Zeit aus der aëronautischen Commission, und da Oberst Laussedat sich vorerst ganz der optischen Telegraphie widmete, so wurde Farre, damals Director des Depôts der Fortificationen mit der Leitung des aërostatischen Dienstes betraut. Es galt jetzt zunächst, das System der gefesselten Luftballons (ballon-captifs) zu vervollkommnen, insbesondere einen fahrbaren Gaserzeugungsapparat und einen leicht transportabeln Dampfhaspel zur Handhabung der Ballons zu construiren. Zwei Jahre energischer Arbeiten wurden durch die Aufgabe in Anspruch genommen; aber bei den großen Manövern des Jahres 1880 bestanden die neuen Fahrzeuge ihre Probe. Mittels des von Krebs construirten, an einem Wagen angebrachten Dampfhaspels kann ein einziger Soldat ohne Schwierigkeit den Ballon captif handhaben. Auch wurden mit bestem Erfolg Recognoscirungen des Gefechtsfeldes von der Gondel des Ballon captif aus vorgenommen, und ebenso lieferten die früher immer nur halb geglückten photographischen Aufnahmen des Terrains vom Ballon aus zufriedenstellende Resultate. Die Folge war, daß die Herstellung von Ballon-captifs mit den zugehörigen Fahrzeugen für acht Armee-Corps angeordnet wurde, welche Aufgabe dem Etablissement in Meudon zufiel.

Als aber General Billot das Kriegsministerium übernahm, ließ derselbe die Versuche bezüglich der lenkbaren Ballons wieder aufnehmen und wies die nöthigen Mittel dazu an. Zunächst wurden nun zwei Modelle von Ballons mit Schraube, eines von 11, das andere von 16 m Länge angefertigt, und als die 1882 mit ihnen angestellten Proben befriedigend ausgefallen waren, ging man an die Herstellung eines größeren Ballons, der im Mai 1884 vollendet und mit dem dann am 9. August die erwähnte Fahrt unternommen wurde.

Das Aëroneuf von Renard und Krebs zeigt in seiner ganzen Anordnung zunächst keine wesentlichen Abweichungen von den Luftschiffen Giffard's und Dupuy de Lôme's. Wesentlich verschieden waren die Projecte, welche früher entworfen wurden. Renard wollte dem Ballon die Form eines Cylinders geben, durch den seiner ganzen Länge nach eine Röhre ging und in dieser oder in ihrer Verlängerung sollte die zur Fortbewegung des Ballons dienende Schraube befestigt werden. De la Haye

dagegen wollte die Flügelschraube zwischen zwei Ballons anbringen. Die Absicht bei diesen Vorschlägen ging dahin, die Schraube direct am Ballon, nicht an der Gondel, wirken zu lassen, was an sich ganz zweckmäßig wäre, wenn nicht bei dieser Anordnung leicht Verletzungen des Ballons vorkämen und auch die Uebertragung der Bewegung von dem in der Gondel aufzustellenden Motor auf die Schraubenwelle Schwierigkeiten bereitete. Deshalb drang Krebs darauf, die Schraube an der Gondel anzubringen; indessen befindet sich bei dem Aëroneuf die Schraube nicht an der hintern, sondern an der vordern Seite der Gondel. Letztere wird also nicht geschoben, sondern gezogen; auch ist diese Anordnung noch deshalb von Vortheil, weil durch sie der Abstand zwischen Schraube und Steuerruder vergrößert, das Fahrzeug daher leichter lenkbar gemacht wird. Die Gondel befindet sich ferner sehr nahe am Ballon, was durch Anwendung eines feuerlosen Motors ermöglicht wird, und außerdem ist an der Gondel noch ein bewegliches Gewicht angebracht, welches ermöglicht, dieselbe mit Hilfe einer Wasserwage in vollkommen horizontale Lage zu bringen.

Mancherlei Schwierigkeiten bereitete, wie leicht vorauszusehen war, die Wahl des Motors. Anfangs wurde eine Dampfmaschine gewählt, und Renard wandte sich deshalb an den General du Temple, der sich in Cherbourg mit der Construction möglichst leichter Dampfmotoren beschäftigte. Indessen wurde die Dampfmaschine wieder aufgegeben und es sollte eine Gasmaschine in Anwendung kommen, als die Elektricitäts-Ausstellung in Paris die Aufmerksamkeit auf die Benutzung der Elektricität als Triebkraft lenkte. Ein elektrischer Motor hat offenbar vor einer mit Feuer arbeitenden Dampf- oder Gaskraftmaschine den Vorzug, daß er weniger gefährlich ist. Außerdem arbeitet er ohne erhebliche Gewichtsabnahme; sodann lassen sich auch Ingang- wie Außergangsetzung und Umkehrung der Bewegung in einfachster Weise durch Aenderung des Contactes am Commutator bewerkstelligen. Es handelte sich nun darum, die passendste Einrichtung für einen solchen Motor zu ermitteln. Von dieser Aufgabe übernahm Renard den chemischen, Krebs den mechanischen Theil. Der erstere stellte zunächst mit Accumulatoren Versuche an, die indessen nicht befriedigten. Dann ließ er noch drei verschiedene Systeme

von galvanischen Batterien construiren, bevor er sich für das schließlich in Anwendung gebrachte entschied. Diese Versuche waren übrigens sehr kostspielig, es sollen mehr als 100 000 Franc darauf verwendet worden sein. Inzwischen war von Krebs auch die elektro-dynamische Maschine construirt worden. Das Gewicht des elektrischen Motors beträgt nach den Angaben der Erfinder 19 kg für die Pferdekraft; derselbe ist demnach nicht leichter, sondern fast doppelt so schwer als die Dampfmaschine du Temple's, bei welcher blos 10 kg auf die Pferdekraft kommen sollen; indessen ist über die Leistungsfähigkeit des letzteren Motors nichts bekannt.

Was nun die Resultate des Versuchs vom 9. August anlangt, so wäre es falsch, zu behaupten, daß Renard und Krebs die Ersten sind, die einen lenkbaren Luftballon hergestellt haben; denn auch Giffard, Dupuy de Lôme und Tissandier, um nur französische Erfinder zu nennen, vermochten ihre Fahrzeuge zu lenken. Dagegen ist der Ballon vom 9. August der erste, welcher von einem Punkte nach einem im Voraus bestimmten andern Punkte abgegangen und von da wieder zu seinem Ausgangspunkte zurückgekehrt ist. Renard und Krebs befanden sich aber auch in ungleich günstigerer Lage als ihre Vorgänger. Diese hatten für ihre Luftschiffe keine Station, wo dieselben zur Auffahrt bereit liegen konnten, bis der Wind genügend schwach war, um einen Versuch zu machen; sie waren daher genöthigt, im Voraus einen Tag zur Auffahrt zu bestimmen, an demselben ihren Ballon zu füllen und aufsteigen zu lassen. Nun hatte an den betreffenden Tagen der Wind zufällig eine größere Geschwindigkeit, als man dem Ballon durch die Schraube ertheilen konnte; es war daher wohl möglich, den Ballon bis zu einem gewissen Grade zu lenken, man konnte aber nicht gegen den Wind fahren. Der Ballon von Renard und Krebs aber wurde nach seiner Vollendung mit Wasserstoff gefüllt und in einem Schuppen aufbewahrt, um ihn zunächst auf seine Dichtheit zu prüfen. Es war indessen auch nach längerer Zeit kein Gasverlust bemerkbar. Dann ließ man ihn noch zweimal an Seilen gefesselt vom Park von Chalais aufsteigen, und die Fahrt vom 9. August wurde erst unternommen, nachdem man sich durch das Aufsteigen eines kleinen Probeballons von dem Vorhandensein völliger Windstille überzeugt hatte.

Es war hiernach zu erwarten, daß unter weniger günstigen Bedingungen auch die Ergebnisse nicht so glänzend sein würden, wie am 9. August. In der That trat dieser Fall schon bei der zweiten Auffahrt, am 12. September 1884 ein. An diesem Tage stieg der Ballon um 4 Uhr 45 Min. in Gegenwart des französischen Kriegsministers und seiner Begleitung auf. Das Wetter war vorher ruhig gewesen, aber um die Zeit der Auffahrt erhob sich der Wind. Das Aëroneuf nahm zunächst eine nordöstliche Richtung, beschrieb dann unter dem Einfluß des Steuerruders einen weiten Bogen, und das Vordertheil wurde in die directe Richtung nach Chalais-Meudon gebracht, von wo der Wind mit der Geschwindigkeit von 6 m in der Secunde entgegenwehte. Infolge davon blieb das Fahrzeug einige Zeit stehen, und als nun Renard die volle Kraft seiner Batterie zur Wirkung brachte, gelang es zwar, den Ballon eine kurze Zeit gegen den Wind vorwärts zu bringen; da aber einer der Leitungsdrähte sich in gefährlicher Weise erhitzte, so mußte man den Strom augenblicklich unterbrechen, und das Luftschiff wurde vom Winde nach Velizy, 5 km von Meudon, geführt, wo man der Bewegung desselben wieder soweit mächtig ward, daß man in einem Steinbruch von ungefähr 20 qm Oberfläche landen konnte. Die Zurückführung des Aëroneuf nach Meudon erfolgte durch Militärarbeiter.

Wenn aber auch die Auffahrt vom 12. September bei der großen Menge bedeutende Enttäuschung hervorrief und auch im Ganzen als ein mißglückter Versuch zu bezeichnen ist, so gab sie doch Gelegenheit zur Sammlung werthvoller Erfahrungen; unter Anderem konnte man sich von der Ruhe des Ballons bei starkem Gegenwind überzeugen, welche Eigenschaft, wie schon früher Hänlein bemerkt hat, sich benutzen läßt, um auch bei Wind gut zu landen, indem man die Geschwindigkeit des Schiffes gleich der des Gegenwindes macht.

Uebrigens unternahmen Renard und Krebs am 8. November 1884 eine dritte Auffahrt [1]) mit ihrem Aëroneuf, welche vollständig gelang. Bald nach Mittag erhob sich das Fahrzeug langsam bis zur Höhe der benachbarten Plateaus, dann begann

1) Comptes rendus, T. 99, p. 772.

der Ballon unterm Einfluß der Schraube sich mit beschleunigter Geschwindigkeit zu bewegen, überschritt den Viaduct von Meudon und nahm seine Richtung nach der Insel Billancourt, über welcher man ihn einen Augenblick halten sah. Dann wandte er um und kehrte, der Richtung des Thales von Meudon folgend, wieder an seinen Ausgangspunkt zurück.

Die Bedeutung der Leistungen von Renard und Krebs ist nach dem Versuche vom 9. August weit überschätzt worden, und das nicht bloß von Seiten der großen Menge; später hat man sie mit Unrecht vielfach zu gering angeschlagen. Das Gelingen des Versuchs vom 9. August hat zunächst die weit verbreitete Ansicht widerlegt, als ob es nicht möglich sei, einen Luftballon zu lenken, weil es in der Luft keinen Stützpunkt giebt. Eigentlich stand es freilich schon lange fest, daß ein Luftschiff lenkbar ist, sobald man demselben eine genügende eigene Geschwindigkeit zu ertheilen vermag. Hat doch Dupuy de Lôme schon vor länger als einem Jahrzehnt diese Verhältnisse in einfacher und bündiger Weise mathematisch auseinander gesetzt. Es handelte sich also in der Hauptsache um die Construction eines geeigneten, möglichst leichten und dabei leistungsfähigen Motors, und einen solchen hergestellt zu haben, ist ohne Zweifel das Hauptverdienst der beiden französischen Hauptleute. Ihr Motor gestattet dem Fahrzeug eine Geschwindigkeit zu ertheilen, die im Mittel 5·5 m, im Maximum 6·5 m betrug, während ihre Vorgänger, und auch die Brüder Tissandier, nicht mehr als 3 m erreichten. Gelingt es, diese Geschwindigkeit noch weiter, etwa auf 8 bis 10 m zu steigern, so ist nicht daran zu zweifeln, daß es möglich sein wird, mit dem Luftschiff während des größten Theiles des Jahres nach allen Richtungen hin zu fahren, da die Geschwindigkeit des Windes meist unter dieser Grenze bleibt. Freilich werden auch dann noch so gut wie bei der Fahrt auf dem Meere zahlreiche Ausnahmefälle, in denen der Wind zu heftig weht, eintreten. Als ein weiteres Verdienst von Renard und Krebs ist die Vermehrung der Stabilität des Ballons während der Fahrt hervorzuheben. Was sie sonst noch im Einzelnen für die Vervollkommnung des Luftschiffs geleistet haben, das entzieht sich bei dem strengen Geheimniß, welches bezüglich aller Einzelheiten der Construc-

tion gewahrt wird, der richtigen Würdigung. Sicher aber haben sich die beiden Erfinder gerechten Anspruch auf einen ehrenvollen Platz in der Geschichte der Luftschifffahrt erworben.

Akustik.

Erregung des Schalles.

Transversalschwingungen elastischer Platten. — Um die Gesetze der Transversalschwingungen rechtwinkliger elastischer Platten mit freien Enden experimentell zu untersuchen, wandte E. Mercadier[1]) Platten aus Stahl an, die er auf je zwei von den Enden um 0·22 der Länge entfernt ausgespannte Fäden legte. Die Fäden unterstützten die Platte also da, wo der Theorie nach sich eine Knotenlinie befindet. Durch einen unterhalb der Mitte der Platte angebrachten Elektromagnet wurde diese dann in Schwingungen versetzt. Bei Anwendung einer Platte von 299 mm Länge und 4 mm Dicke, deren Breite von 80 bis 60 mm variirte und auch gleich 20 mm angenommen wurde, ergab sich die Unabhängigkeit der Schwingungszahl von der Breite. Als aber die Dicke bei der Platte von 299 mm Länge und 20 mm Breite von 4 mm auf 3·1, 2·1, und 1·5 mm reducirt wurde, zeigte es sich, daß die Schwingungszahl direct proportional der Dicke ist. Endlich wurde auch noch die Länge von 299 mm auf 249·5, 199·5 und 149 mm vermindert, wobei sich die Schwingungszahl umgekehrt proportional dem Quadrat der Länge ergab. Bei einer Platte von der Länge l, der Breite l′ und der Dicke e wird also die Schwingungszahl n des Grundtones durch die Formel gegeben

$$n = K \frac{e}{l^2}.$$

Aus den angestellten Versuchen ergiebt sich der Werth

$$K = 5\,329\,503,$$

während eine von Poisson gegebene Formel auf

$$K = 5\,310\,866$$

1) Comptes rendus, T. 98, p. 803, 911.

führt. Mercadier nimmt aus beiden Zahlen das Mittel und setzt für Platten aus Stahl oder Eisenblech

$$n = 5\,320\,134 \cdot \frac{e}{l^2},$$

wobei n die Anzahl der Doppelschwingungen des Grundtons bedeutet.

Erzwungene Schwingungen. — Schon im Jahre 1826 hat F. Savart den Satz ausgesprochen, daß ein beliebiger Körper, welcher durch einen andern vibrirenden in geeigneter Weise in Schwingungen versetzt wird, mit diesem unisono schwingen kann, und daß die Klangfiguren solcher erzwungener Schwingungen continuirlich in einander übergehen. Bourget und Bernard haben denselben später zu bestreiten versucht, neuere Untersuchungen von Dr. A. Elsas in Marburg haben aber die Richtigkeit desselben bestätigt. In seinen „Untersuchungen über erzwungene Membranschwingungen"[1]) hat derselbe folgende vier Gesetze gefunden:

1. Es ist möglich, einen beliebigen elastischen Körper durch eine äußere periodische Einwirkung mit beliebiger Tonhöhe in Schwingungen zu versetzen, wenn nur die äußere Einwirkung in geeigneter Weise erfolgt und genügende Stärke besitzt.

2. Der Typus der erzwungenen Schwingung eines Körpers ist bestimmt durch das Intervall zwischen dem tiefsten Eigenton und der erzwungenen Schwingung, sowie durch die Lage der Erregungsstelle.

3. Der Typus der erzwungenen Schwingung eines Körpers ist eine continuirliche Function der Periode der äußeren Einwirkung, dergestallt, daß eine sehr kleine Aenderung in der Periode der erregenden Schwingung nur eine sehr kleine Aenderung in dem Typus der erzwungenen Schwingung zur Folge hat.

4. Eine allmähliche Aenderung in der Beschaffenheit des Körpers, welcher durch eine sich gleichbleibende äußere Einwirkung in erzwungene Schwingungen versetzt wird, hat eine allmähliche Aenderung des Schwingungstypus zur Folge.

Elsas hat dann dieselbe Methode wie bei Membranen auch zur Erzeugung erzwungener Schwingungen von Platten

---

1) Nova Acta der kais. Leop. Carol. Deutschen Akad. d. Naturf. 65, S. 1 (1885.)

benutzt.[1]) Eine Stimmgabel wird derart in einen Schraubstock eingespannt, daß ihre Schwingungen in verticalen Ebenen erfolgen. In der Nähe der Biegung der Gabel befestigt man mit einem Tropfen Harzkitt einen weichen Faden und zieht denselben mit Hilfe einer feinen Nähnadel durch die Mitte einer kreisförmigen Scheibe von starkem Cartonpapier oder einem ähnlichen, recht gleichförmigen Material. Damit dieselbe sich nicht am Faden verschiebt, bringt man auch an diesem ein Tröpfchen Harzkitt an. An das unter der Platte herabhängende Ende des Fadens hängt man ein kleines Gewicht, um den Faden zu spannen und die Platte horizontal zu halten. Wird nun die Gabel durch Anstreichen mit dem Violinbogen in Schwingungen versetzt, so werden letztere durch den longitudinal schwingenden Faden auf die leichte Scheibe übertragen, deren Eigenschwingungen wegen ihrer Leichtigkeit wenig in Betracht kommen. Durch aufgestreuten Sand, welcher sich auf die Knotenlinien legt, und Lykopodiumpulver, welches die Stellen der stärksten Schwingungen bezeichnet, kann man die Schwingungsfiguren sichtbar machen. Uebrigens hat Elsas nicht bloß Scheiben von glattem Carton benutzt, sondern auch von Actendeckeln, Pappe, ferner dünne Hartgummischeiben, sowie Scheiben aus Gelatine und aus Gips. Letztere wurden in der Weise hergestellt, daß man eine ziemlich dünne Gelatinelösung oder einen leichtflüssigen Gipsbrei auf eine mit erhabenem Rande versehene horizontalliegende ebene Glasplatte goß und dort erstarren ließ.

Elsas hat a. a. O. eine große Anzahl Schwingungsfiguren abgebildet, welche bei kreisförmigen Platten, wenn die Schwingungen im Mittelpunkte erregt werden, große Aehnlichkeit mit den Chladni'schen Klangfiguren zeigen. Bei den erzwungenen Schwingungen fehlen aber diejengen bei freien Schwingungen auftretenden Figuren, bei denen eine ungerade Anzahl von diametralen Knotenlinien vorhanden ist; den Chladni'schen Figuren mit einer geraden Anzahl von diametralen Knotenlinien entsprechen hyperbelartige Figuren, deren Scheitel auf einer Geraden liegen. Uebrigens schneiden sich, wie bei den Chladni'schen Figuren, die Linien nie in Punkten, sondern in der Nähe der

---

1) Ann. der Phys. u. Chemie. N. F. Bd. 19, S. 474; Bd. 20, S. 468.

Schnittstellen treten Verzerrungen der Linien auf und manchmal hat es den Anschein, als wenn sich die Linien gar nicht durchschnitten.

Die erzwungenen Transversalschwingungen gespannter Saiten hat schon 1843 Duhamel experimentell wie auch theoretisch untersucht, und später hat Melde sehr ausführlich die Schwingungserscheinungen beschrieben, welche in schwach gespannten, weichen fadenförmigen Körpern durch tönende Glocken oder Stimmgabeln erregt werden. Bei dieser Gelegenheit hat Melde auch darauf aufmerksam gemacht, daß bei den von ihm benutzten weichen Fäden auch dann Transversalschwingungen auftreten, wenn der bewegte Endpunkt in Richtung der Saite vibrirt. Mittels dieser erzwungenen Fadenschwingungen lassen sich nun die Schwingungsbewegungen der Saiten sehr anschaulich demonstriren, wie namentlich Tyndall in seinem bekannten Werke „Der Schall" mehrfach gezeigt hat. Die Theorie aber der Transversalbewegung, in welche ein gespannter fadenförmiger Körper durch eine in seiner Richtung erfolgende periodische Bewegung eines seiner Endpunkte versetzt wird, haben in neuerer Zeit Elsas und Lord Rayleigh geliefert.[1]) In einer neueren Arbeit hat dann der erstgenannte noch eine Anzahl erzwungene Saitenschwingungen behandelt, welche verschiedenartigen Wirkungsweisen des erregenden Körpers entsprechen.[2]) Bei dieser Gelegenheit ist von ihm auch ein

neuer Fadenschwingungs-Apparat beschrieben, welcher zur Demonstration der Transversalschwingungen gespannter Saiten zu verwenden ist und die Eigenthümlichkeit besitzt, daß alle Schwingungsformen durch Aenderung der Periode der Erregung hergestellt werden, während der Faden selbst nicht geändert wird. Um aber eine Saite durch eine äußere periodische Einwirkung von beliebig veränderlicher Periode in Schwingungen zu versetzen, schien es am zweckmäßigsten, zur Erregung eine Rotationsbewegung zu benutzen. Elsas be-

---

1) Elsas, Ueber erzwungene Schwingungen weicher Fäden. Inaug.-Diss. Würzburg 1881. — Lord Rayleigh im Phil. Mag. 5. ser. XVI, p. 229 (1883).

2) Ann. der Phys. u. Chemie. N. F. Bd. 23, S. 173; den Fadenschwingungs-Apparat beschreibt Elsas auch in der Ztschr. f. Instrumentenkunde Oct. 1884, S. 333 u. Dec. 1884, S. 418.

absichtigte anfangs, eine Achse durch ein Uhrwerk, Schwungrad oder dergleichen in schnelle Rotation zu versetzen und die Zähne eines auf dieser Achse befestigten Zahnrades gegen einen leicht beweglichen Hebel stoßen zu lassen, durch dessen hin- und hergehende Bewegung die Fadenschwingungen erzeugt werden sollten. Doch ging er davon wieder ab, um folgende Einrichtung (Fig. 13) zu benutzen: Auf der Achse einer Sirene wird ein kleines, etwas excentrisches Rad befestigt (Excentricität ungefähr $^1/_2$ mm), während an dem Träger des Zählwerks mittels zweier Schrauben ein Träger für einen kleinen Hebel angebracht ist, dessen conisch zugespitzte Achse in zwei den Träger durchsetzenden stählernen Schrauben ruht und welches mit sehr geringer Reibung beweglich ist. Das Rad und der Träger des Hebels sind aus Messingguß hergestellt. Der Hebel ist, wie Fig. 13 erkennen läßt, in der Verticalebene drehbar und hat einen verticalen Arm, welcher das excentrische Rad berührt, und einen horizontalen Arm, an welchem man den Faden befestigt, der horizontal und rechtwinklig zur Drehachse des Hebels ausgespannt wird. Durch die Spannung des Fadens wird der Hebel in der angegebenen Lage erhalten, wenn die Sirene stillsteht, und in sie zurückgeführt, wenn die Sirene tönt und dabei das kleine excentrische Rad dem Faden periodisch eine kleine Dehnung ertheilt hat. Es ist nicht nöthig, bei stärkerer Spannung des Fadens sogar unmöglich, daß der Hebel das Rad in jeder Lage berührt, vielmehr genügt es, wenn beide bei jeder Umdrehung nur einen kurzen Augenblick mit einander in Berührung kommen. Uebrigens kann man den Grad der Berührung leicht ändern: Man spannt den Faden genau horizontal, leitet ihn über eine leicht bewegliche Rolle, am besten

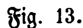
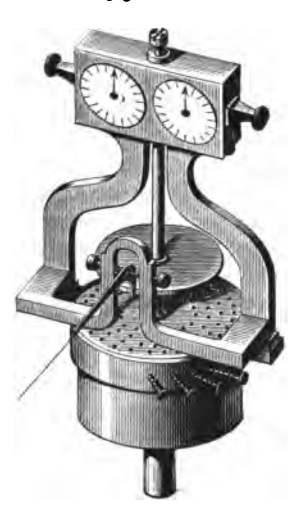


Fig. 13.



über das Rad einer Atwood'schen Fallmaschine, und befestigt am Ende eine kleine Wagschale zur Aufnahme von Gewichten. Ist dann die Reibung zwischen Rad und Hebel zu groß, so rückt man die Rolle etwas niedriger, so daß der horizontale Hebelarm etwas aufwärts gezogen, der verticale also vom Rad entfernt wird; im entgegengesetzten Fall stellt man die Rolle höher.

Hat man nun die Reibung regulirt, so kann man die Sirene zum Laufen bringen und ihren Ton in die Höhe treiben. Anfänglich lassen sich dabei die verschiedenen Phasen der Bewegung der Saite mit dem Auge verfolgen; bei größerer Rotationsgeschwindigkeit aber bemerkt man nur ein unbestimmtes Zittern des Fadens, während man gleichzeitig ein durch die Reibung des Hebels am Rad verursachtes Geräusch hört; dann verstummt dieses plötzlich und die Grundschwingung des Fadens tritt auf. Die Amplitude derselben ist bedeutend, bei Fäden von 1 m Länge ungefähr der Breite dreier Finger gleich bei guter Wahl der Dimensionen des Hebels. Sobald der Faden ruhig, mit gleichbleibender Amplitude seine tiefste Eigenschwingung macht, ist es leicht die Eigenschwingung der Sirene constant zu erhalten, während es sonst bekanntlich schwer hält, den Ton derselben auf gleicher Höhe zu erhalten, wenn man nicht den Luftdruck des Gebläses reguliren kann. Wahrscheinlich bewirkt hier die Reibung zwischen Rad und Hebel, daß eine Veränderung des Druckes im Gebläse nur eine Aenderung der Stärke des Sirenentones zur Folge hat, nicht aber der Rotationsgeschwindigkeit, sofern diese mit der Vibrationsgeschwindigkeit des Fadens übereinstimmt. Ebenso lassen sich auch der Sirenenton und die Schwingungen des Fadens constant erhalten, wenn man die Rotationsgeschwindigkeit der Sirene durch stärkeres Treten des Blasebalges soweit hinauftreibt, daß der Faden die zweite, dritte oder vierte Eigenschwingung macht.

Um nun nachzuweisen, daß die Schwingungszahlen der Partialtöne einer Saite sich wie die natürlichen Zahlen verhalten, braucht man nur die Umdrehungen der Sirene zu zählen, während sie einen Faden oder eine dünne Metallsaite mit 1, 2, 3 &c. Halbwellen in Schwingungen versetzt. Elsas stellte z. B. Versuche mit vier verschiedenen Saiten von 1 m Länge an, und zwar 1. mit einem Baumwollfaden (Häkelgarn),

der mit 50 g gespannt war, 2. mit einem Faden Heftzwirn, ebenfalls mit 50 g gespannt, 3. mit einem Faden Knopfloch-seide, dessen Spannung 9 g betrug, und 4. mit einem Messing-draht von ungefähr 0·15 mm Durchmesser und 200 g Span-nung. Dabei ergaben sich für die verschiedenen Eigentöne folgende Schwingungszahlen N, welche durch je drei von ein-ander unabhängige Beobachtungen gefunden wurden, indem der Beobachter von 2 zu 2 Minuten das Zählwerk der Sirene ablas, die Zahl der Umdrehungen addirte und ihre Summe mit 360 dividirte.

Eigen-schwingung	Schwingungszahl N			
	1.	2.	3.	4.
1	43·2	33·6	16·7	56·5
2	86·6	67·1	33·6	112·7
3	129·1	100·2	50·4	168·2
4	—	134·0	67·0	

Höhere Partialschwingungen des Fadens lassen sich aller-dings nicht auf diesem Wege zur Anschauung bringen, weil man den Ton der Sirene nicht beliebig in die Höhe treiben kann. Es gelingt aber, wenn man statt des excentrischen Rades ein elliptisch geformtes oder ein genau centrisches Zahnrad anwen-det, beispielsweise mit vier Zähnen.

Will man die Abhängigkeit der Schwingungszahl von der Länge der Saite nachweisen, so empfiehlt sich die Benutzung eines längeren Stückes eines nicht zu dünnen weißen Seiden-fadens, der auch bei starker Spannung seine Länge wenig ändert. Man spannt denselben über einen Maßstab und giebt auf ihm mit Tusche gleich lange Theile an. Man befestigt ihn dann am Apparate, so daß der Befestigungspunkt mit der ersten Marke zusammenfällt, legt das andere Ende über eine Rolle und spannt ihn durch ein Gewicht, während man zwi-schen den Blasetisch und das Stativ der Rolle einen kleinen Tisch mit einem kleinen eisernen Träger stellt, an welchem eine Pincette zur Abgrenzung des Fadens befestigt ist. Auf solche Weise experimentirte Elsas mit einem 2 m langen Faden von Knopflochseide und erhielt für

die Längen 1·0, 1.1, 1·2, 1·3, 1·4 m
die Schwingungszahlen 54·0, 49·0, 45·1, 41·8, 38·4

und für

die Längen 1·0, 0·9, 0·8, 0·7, 0·6

die Schwingungszahlen 54.0, 59·8, 67·8, 77·3, 90·7.

Diese Schwingungszahlen sind so weit umgekehrt proportional den Seitenlängen, daß die Abweichungen innerhalb der Grenzen der Beobachtungsfehler liegen.

Mit demselben Faden wurde auch das dritte Gesetz nachgewiesen, daß die Schwingungszahlen direct proportional der Quadratwurzel aus der Spannung sind. Zu dem Zwecke wurde dieser Faden durch Gewichte von

9, 16, 25, 36, 49, 64, 81 g

gespannt, wobei man die Schwingungszahlen

17,·2 23·4, 29·4, 34·1, 40·8, 46·2, 51·1

beobachtete.

Endlich hat Elsas auch mit seinem Apparat gezeigt, daß sich bei Saiten von gleicher Länge und gleicher Spannung die Schwingungszahlen umgekehrt wie die Quadratwurzeln aus den Gewichten verhalten. Er hat zu dem Zwecke 1 m lange Saiten von Neusilber, Messing und Eisen bei einer Spannung von 200 g benutzt. Die Gewichte waren 0·660, 1·604 und 2·212 g, die Schwingungszahlen 90·5, 57·2, 50·6; letztere verhalten sich wie 1 : 0·63 : 0·56 (statt wie 1 : 0·641 : 0·545, wie die Theorie verlangt).

Im Anschluß an die Beschreibung seines Fadenschwingungs-Apparates macht Elsas noch die Bemerkung, daß die Umsetzung der Rotationsbewegung der Sirene in periodische Bewegungen einer ausgedehnten Anwendung fähig ist und namentlich mit großem Vortheil zur Erzeugung intermittirender elektrischer Ströme benutzt werden kann.

Der Fadenschwingungs-Apparat, den A. Lehnebach in Mühlhausen i. E. als vorzüglich bewährten Demonstrationsapparat beschrieben hat,[1]) stimmt mit dem ursprünglich von Melde angegebenen Stimmgabel-Apparat im Princip überein, nur ist bei ihm die Stimmgabel durch einen Stromunterbrecher in Form eines Wagner'schen Hammers ersetzt und außerdem hat Lehnebach die Einrichtung so getroffen, daß die stehenden Schwingungen sowohl durch transversale als auch durch

1) Ann. d. Phys. u. Chemie. N. F. Bd. 23. S. 158 mit Abbild.

longitudinale Impulse hervorgerufen werden können. Uebrigens ist die Verwendung des Wagner'schen Hammers für diesen Zweck nicht neu, sondern schon 1860 von Melde erwähnt worden.[1]) In seinen „Akustischen Experimentaluntersuchungen, Zweite Reihe"[2]) spricht sich derselbe überdies dahin aus, daß es für Vorlesungszwecke viel einfachere und wirksamere Mittel gibt. Denn die Anwendung einer schwingenden Lamelle entweder beim Ausbiegen mit der Hand und Wiederloslassen oder mit Hilfe eines Elektromagnet gestattet nicht nur dünne Fäden von einem Meter Länge, sondern dicke Kordeln von vielen Metern in weithin sichtbare Schwingungen zu versetzen. Um streng meßbare Veränderungen in der Spannung des Fadens zu treffen, insbesondere um die Impulse des Wellenerregers in jeder beliebigen Richtung auf den Faden einwirken zu lassen, d. h. den Zusammenhang von Transversal-, Longitudinal- und Intermediär-Impulsen hintereinander zu verfolgen, dazu ist sowohl die Lehnebach'sche als Elsas'sche Einrichtung nach Melde's Urtheil nicht zu gebrauchen.

In der citirten Abhandlung hat nun Melde seinerseits eine Anzahl Methoden angegeben, um Fäden und Saiten durch einen Wellenerreger von continuirlich veränderlicher Tonhöhe in Schwingungen zu versetzen.

Zunächst kann hierzu eine Saite benutzt werden. Durch Spannungsänderung an ihr läßt sich zuerst eine bestimmte Partialschwingung bei einem Faden erregen, deren Umsetzung in höhere Partialschwingungen hernach sofort durch Verkürzung der erregenden Saite gelingt. Melde hat auf solche Art die Stahlsaite eines gewöhnlichen Monochords benutzt, um 1 bis 2 m lange Seidenfaden in Vibration zu versetzen. Etwa 1 dm vom rechten Ende der Monochordsaite knüpft man in senkrechter Richtung zu dieser den dünnen Faden an und läßt ihn in horizontaler Lage über eine Rolle laufen, um ihn durch Anhängen von Gewichten zu spannen. Bei richtiger Regulirung der letzteren und der Saitenspannung kann man dann leicht beim Anstreichen der Saite mit einem Bogen die Grundschwingung des Fadens mit sehr großer Elongationsweite hervorrufen.

---

1) Poggend. Ann. Bd. 111, S. 535.

2) Ann. der Phys. u. Chemie. N. F. Bd. 24, S. 497.

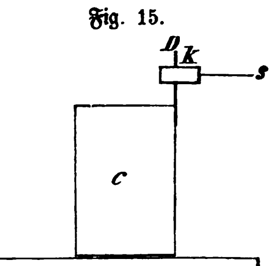
Ebenso kann man dann, indem man die Saite in ihren aliquoten Theilpunkten berührt oder einen Steg untersetzt, im Faden die zweite, dritte ꝛc. Partialschwingung hervorrufen. Ist der Faden horizontal ausgespannt und streicht man die Saite horizontal, so werden die Schwingungen in longitudinaler Richtung auf den Faden übertragen; spannt man aber die Saite horizontal aus und führt den Bogen senkrecht zum Horizont, so übertragen sich die Impulse auf den Faden transversal, und der letztere wird jetzt, wenn er z. B. bei horizontaler Führung des Bogens drei Halbwellen zeigte, bei verticaler deren sechs zeigen.

Ein anderes Mittel besteht in Anwendung eines vertical stehenden, oben offenen kreisförmigen Blechcylinders, den man mit Wasser füllt, das man allmählich auslaufen läßt. In Fig. 14 deutet c einen solchen, auf ein niedriges Dreifußbretchen B gestellten Cylinder an; c_1 ist ein anderer, dessen oberer Rand durch passende Unterlagen in gleiche Höhe mit dem von c gebracht ist. An diesen beiden Cylindern sind Streichstäbchen s und s_1 angebracht, mit deren Hilfe sie ins Tönen versetzt werden können, und an ihren obern Rändern sind Zinkplättchen z und z_1 angelöthet, die mit kleinen Löchern zum Durchziehen eines Fadens versehen sind. Wird nun der Cylinder c ganz mit Wasser gefüllt, so kann man mittels der Fußschraube σ, welche ziemlich in einer Verticalebene mit dem zwischen z und z_1 ausgespannten Faden liegt, die Spannung des letztern continuirlich verändern, so daß derselbe z. B. zwei Halbwellen zeigt. Dann läßt sich auch der Cylinder c_1 soweit mit Wasser füllen, daß er z. B. die höhere Quinte von c beim Anstreichen seines Streichstäbchens hören läßt, wobei der Faden drei Halbwellen zeigt. Läßt man nun das Wasser aus c ausfließen, z. B. durch einen Heber, so erhöht sich sein Ton und

Fig. 14.

wird bald mit dem von c gleich, so daß der Faden nunmehr auch beim Anstreichen von c drei Halbwellen zeigt. Als Vortheile dieser Methode werden bezeichnet, daß die Wellen des Fadens mit großer Schärfe herauskommen, daß man die beiden Cylinder durch passende Füllungen mit Wasser auf die verschiedensten Intervalle bringen und dann in bequemer Weise die Spannung ändern kann, um von einer passenden Partialschwingung des Fadens auszugehen. Der Cylinder c_1 dient hier nur dazu, um z. B. beim Intervall $c : c_1 = 2 : 3$ rasch nach einander nachzuweisen, daß auch die Anzahl der Halbwellen sich wie 2 : 3 verhält. Er ist dagegen überflüssig und man kann das Ende des Fadens einfach an einem Häkchen befestigen, wenn man bloß zeigen will, daß bei der Veränderung der Tonhöhe des Wellenerregers c auch die Anzahl der Wellen sich entsprechend ändert.

Fig. 15.



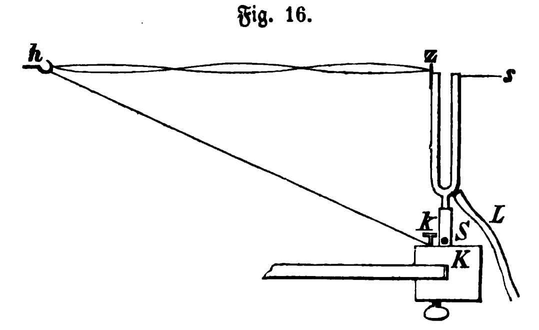
Melde macht noch auf einen Kunstgriff aufmerksam, dessen man sich beim Anstreichen eines Cylinders zum Zwecke der Hervorbringung eines bestimmten Partialtones, insbesondere eines tieferen Tones von 40 bis 60 Schwingungen zu bedienen hat. Solche tiefe Töne kommen nämlich oft nicht deutlich zum Vorschein, wenn man Zeigefinger und Daumen der rechten Hand mit reinem Wasser benetzt und damit das Streichstäbchen streicht; es ist dann zweckmäßig, die Finger in Gummi- oder Zuckerlösung zu tauchen, oder auch mit dem mit Wasser benetzten Zeigefinger über ein Stück Seife hinzufahren.

Ein noch wirksameres, dabei vielseitig verwendbares Mittel besteht darin, das Streichstäbchen nicht direct am tongebenden Körper zu befestigen, sondern an einem Stückchen Stahldraht, der am ersteren angekittet oder angelöthet ist, ungefähr wie Fig. 15 darstellt. Hier ist an dem Cylinder C der Stahldraht D angebracht, auf welchem ein kleiner Kork steckt, in welchen das Stäbchen s eingekittet ist.

Ein weiteres, sehr elegantes Mittel, Fäden mit einem variabeln Wellenerreger in Verbindung zu bringen, bietet die

Melde'sche Röhrenstimmgabel (vgl. Fig. 16). Die Glasröhre, welche Melde zu seiner Stimmgabel benutzt, hat 28 mm äußeren Durchmesser und 1 mm Wandstärke, die Länge der Zinken, von der innern Krümmung an gemessen, beträgt 300 mm, der äußere Abstand der Zinken 90 mm. Unten ist ein 100 mm langer und 14 mm dicker Glasstab als Stiel angeschmolzen, der mit heißem Kolophoniumwachskitt in eine eiserne hohle Schraubenspindel S eingekittet ist, die wieder in eine in geeigneter Weise an einem Tisch zu befestigende Holzklemme K eingeschraubt ist. Zum Abfluß des Wassers dient ein am untern Theil der gebogenen Röhre angesetztes Glasröhrchen, an dem ein dünner Kautschukschlauch L nebst Klemmschraube befestigt wird. Um die Gabel zum Tönen zu bringen, ist an dem

Fig. 16.



einen Schenkel derselben das Streichstäbchen s angebracht; der andere Schenkel trägt das Zinkplättchen z, von dem der Faden um den Haken h oder über eine Rolle nach dem auf K angebrachten Spannwirbel k geführt ist. Man kann so mit der linken Hand die Spannung des Fadens reguliren, während die rechte die Gabel im Tönen erhält. Diese Gabel gab ohne Wasser und mit Wasser bis obenhin angefüllt Töne, die etwa eine Sexte auseinander lagen; man konnte demnach leicht die Intervalle Grundton | Quarte, Grundton | Quinte, Grundton | große Terz sofort zur Anwendung bringen. Beim ersten Intervall wurde der Faden so gespannt, daß er der ganzen Länge nach, wenn die Gabel mit Wasser gefüllt war, zwei Halbwellen zeigte; floß nun Wasser aus, und erreichte der Gabelton die Quinte,

so zeigten sich drei Halbwellen. Geht man bei gefüllter Gabel von drei Halbwellen des Fadens aus, so erhält man beim Ausfluß des Wassers zunächst, wenn der Gabelton die Quarte erreicht, vier Halbwellen, und dann, wenn er die große Sexte erreicht, fünf Halbwellen. Geht man aber von vier Halbwellen des Fadens aus, so erhält man beim Höherwerden des Gabeltons bei der großen Terz fünf und bei der Quinte sechs Halbwellen.

Wenn man statt Wasser Quecksilber ausfließen läßt, so erhält man natürlich ein weit größeres Intervall zur Verfügung; man muß aber dann die Glasröhre etwas dickwandig, oder besser noch, man muß Röhren aus Weißblech oder Messingblech anwenden.

Auch durch Luftimpulse kann man Fäden und Saiten in Schwingungen versetzen. Am besten eignen sich dazu größere Appunn'sche Zungenpfeifen mit 32 oder auch mit 16 Schwingungen in der Secunde, die selbst für ganz dicke Kordeln von mehreren Metern Länge ausreichen.[1]) Ueber das Schallloch wird ein Stück Papier gelegt, das am Rande durch ein Gewicht gehalten wird, damit es durch die Luftimpulse nicht weggeschleudert wird, sondern nur in heftige Schwingungen geräth. Ueber dieses Papier läßt man den an beiden Enden befestigten Faden laufen, der in weithin sichtbare Schwingungen versetzt wird.

Uebrigens hat Melde schon 1860 darauf aufmerksam gemacht, daß man Wellen in einem Faden erregen kann durch einen bloßen Luftstrom ohne einen tonangebenden Körper. Ein Luftstrom, der aus einer kreisrunden Oeffnung von 3 bis 4 Linien Durchmesser ausströmend auf einen schwach gespannten Faden trifft, treibt diesen ein Stück in die Höhe, bis er vermöge seiner Elasticität zurückschnellt, er wird dann wieder vom Luftstrom in die Höhe getrieben rc., bis sich nach kurzer Zeit stehende Wellen des Fadens bilden.

Töne beim Ausfluß von Flüssigkeiten. — Wird eine 2 bis 6 cm weite Glasröhre am untern Ende mit einer 2 bis 3 mm dicken Metallplatte verschlossen, die eine cylindrische Durchbohrung in der Mitte hat, deren Durchmesser gleich der Dicke der Platte ist, und gießt man Wasser in die Röhre, so

---

1) Nähere Angaben über ihre Einrichtung gibt Melde in seiner „Akustik“ S. 319.

entsteht durch den Ausfluß desselben ein Ton, dessen Schwingungszahl den Beobachtungen von Savart zufolge umgekehrt proportional dem Durchmesser der Oeffnung ist. Die Savart'schen Versuche sind neuerdings mit mehrfachen Modificationen von T. Martini wiederholt worden,[1]) und es hat sich dabei herausgestellt, daß der von Savart aufgestellte Satz nicht richtig ist. Die positiven Ergebnisse, zu denen Martini gelangt ist, sind vielmehr folgende:

Die Ausflußtöne rühren von der Periodicität des Ausfließens her.

Zum Entstehen von Tönen ist erforderlich, daß die Zahl der Pulsationen übereinstimmt mit der Schwingungszahl, welche die Flüssigkeitssäule geben würde oder mit einem ihrer harmonischen Obertöne.

Indem man den Ausfluß durch einen Hahn regulirt, kann man von derselben Flüssigkeitssäule verschiedene Töne erhalten, einen Grundton und seine zwei oder drei ersten Obertöne.

Auch durch Einfließen des Wassers lassen sich Töne erhalten, und zwar von derselben Höhe wie durch den Ausfluß.

Bei ähnlichen Flüssigkeitssäulen sind die Tonhöhen proportional den linearen Dimensionen. Dieser Satz, den schon Mersenne und Masson für feste Körper und für Gase aufgestellt haben, gilt also auch für Flüßigkeiten. Daß die Größe der Ausflußöffnung nicht die Wirkung äußert, die das Savart'sche Gesetz behauptet, ergibt sich daraus, daß man bald mit der engern, bald mit der weitern Oeffnung den höhern Ton erhält.

Werden Töne durch Einfließen erzeugt, so sind die Höhen direct proportional den Quadratwurzeln aus den Druckhöhen.

Glas- und Messingröhren geben unter übrigens gleichen Umständen dieselben Töne.

Eine Flüssigkeitssäule, deren Durchmesser dem zehnten Theil ihrer Länge gleich ist, gibt einen Grundton, dessen berechnete Wellenlänge der vierfachen Länge der Säule gleich ist.

Die geheimnißvollen Töne, welche hin und wieder von Reisenden beobachtet worden sind, hat neuerdings E. Sorel künstlich hervorgebracht.[2]) Er begab sich zu dem Zweck in eine flache Gegend, während eine kräftige

1) Atti del Real Ist. Ven (6) 2, p. 1.
2) La Nature 1883, p. 206.

Brise herrschte, und hielt hier eine Flinte in schiefer Stellung dem Wind entgegen. Nach einigen Versuchen gelang es ihm auch, halb glocken=, halb saitenähnliche Töne zu erhalten, die sich hiernach durch die Reibung des Windes gegen eine Kante, wenn gleichzeitig ein Resonator vorhanden ist, erklären würden. In der Natur kann die Reibung an einem Bergkamm, einem Felsen und dergl. erfolgen, während ein Thal die Rolle des Resonators spielt.

Schließlich mögen noch ein Paar neue

Apparate zum Studium der akustischen Erscheinungen

Erwähnung finden.

Eine elektrische Sirene ist von R. Weber in Zürich angegeben worden.[1]) Zum Verständniß ihrer Einrichtung denke man sich ein metallenes Zahnrad, dessen Zahnlücken mit einer nichtleitenden Masse ausgefüllt sind und das sich um seine Achse dreht. Auf dem Rand dieses Rades schleift eine Feder, deren anderes Ende befestigt und mittels eines Drahtes mit dem einen Pol einer galvanischen Batterie verbunden ist; der andere Pol steht mit der Achse des Zahnrades in Verbindung durch einen Leitungsdraht, in welchen ein Telephon eingeschaltet ist. Da nun die Feder bei der Rotation des Rades abwechselnd auf einen Zahn und einen mit isolirender Masse gefüllten Einschnitt auftrifft, so wird der Strom abwechselnd geschlossen und unterbrochen, und die Membran des Telephons wird auf diese Weise in rhythmische Schwingungen versetzt, die man als einen Ton wahrnimmt, dessen Höhe abhängt von der Anzahl der Zähne auf dem Umfang des Rades, sowie von der Rotationsgeschwindigkeit des letzteren, dessen Intensität aber außer von der Beschaffenheit des Telephons wesentlich von der Stromstärke abhängt. Auf die Klangfarbe sind verschiedene Umstände von Einfluß; namentlich ist sie bedingt durch die Beschaffenheit des Telephons und der Feder, durch die mehr oder minder vollkommene Constanz der Batterie, sowie durch das Verhältniß zwischen der Breite der Zähne und der Zahnlücken.

---

1) Ann. der Phys. u. Chemie. N. F. Bd. 24, S. 671; Ztschr. f. Instrumentenkunde, April 1885, S. 136.

Nach diesem Princip hat Weber eine Sirene construirt, die aus 15 Zahnrädern von je 4 cm Durchmesser besteht, welche in gleichmäßigen Abständen von je 3 mm auf derselben Achse befestigt sind. Das erste Rad hat 24, das zweite 27, das dritte 30 Zähne u. s. f. Die Zwischenräume zwischen den einzelnen Rädern ebenso wie zwischen den einzelnen Zähnen sind mit isolirender harter Masse ausgefüllt, so daß ein Cylinder entsteht, welcher sorgfältig abgedreht ist. An einem Rahmen sind 15 Federn angebracht, von denen jede die Peripherie eines Rades berührt, während eine sechszehnte Feder, die sich gegen die Achse des Cylinders stützt, die leitende Verbindung vom Telephon zur Achse herstellt. Mittels eines Schaltbretes wird die Verbindung der Federn mit der Batterie, beziehentlich dem Telephon hergestellt. An der Achse des Cylinders ist noch ein einfacher Zählapparat angebracht. Zur Bewegung kann eine kleine elektrodynamische Maschine oder auch ein Gasmotor verwendet werden.

Weber hat mit diesem Apparate eingehende Untersuchungen über Combinationstöne angestellt.

Ein Apparat zur genauen Bestimmung der Schwingungszahl eines tönenden Körpers ist von A. Izrailoff angegeben worden, der sich schon früher durch eigenhändig gearbeitete Collectionen von sehr genau gestimmten Stimmgabeln bekannt gemacht hat, die auf den Ausstellungen zu Moskau, Wien und Philadelphia viel Anerkennung gefunden haben.[1]) Der Apparat besteht aus einem Pendel, dessen Spitze beim Schwingen gegen eine gespannte Saite stößt. Die Pendelstange ist nach einem Chronometer empirisch graduirt, und an ihr läßt sich ein Gewicht chronometrisch verschieben. Zu dem Apparate gehören ferner noch eine Anzahl Stimmgabeln, welche um je 8 einfache Schwingungen von einander verschieden sind. Von diesen Stimmgabeln wählt man nun zwei heraus, zwischen deren Tönen der zu untersuchende Ton liegt, versetzt die tiefere derselben zugleich mit dem tönenden Körper in Schwingungen, so daß Schwebungen entstehen, und verschiebt nun das Gewicht an der Pendelstange soweit, daß diese Schwe-

1) Beibl. z. d. Ann. d. Phys. u. Chemie IX, S. 21 aus dem Journ. der russ. phys.-chem. Gesellsch. XVI, S. 1.

bungen genau zusammenfallen mit den Stößen des Pendels gegen die Saite. Die Scala auf der Pendelstange gibt dann die Zahl an, die man zu der Schwingungszahl der Gabel zu addiren hat, um diejenige des gegebenen Tones zu erhalten.

Fig. 17.

Zur Herstellung einer schwingenden Flamme hat Professor Fr. Fuchs in Bonn die in Fig. 17 dargestellte Vorrichtung angegeben.[1]) Ueber das untere Ende des Glasrohrs a sind zwei durch einen ganz schmalen diametralen Spalt s getrennte Membranen m_1 und m_2 gespannt; das obere Ende ist mit einem Kork verschlossen, durch welchen das zu einer Spitze mit mäßig enger Oeffnung ausgezogene Glasrohr b geht. Das Rohr a selbst ist mit seinem untern Ende in ein anderes Rohr c eingekittet, dessen unteres Ende ebenfalls durch einen Kork geschlossen ist, durch welchen das Rohr d geht, welches wieder mittels eines Kautschukschlauches mit einem Gashahn in Verbindung steht. Das eintretende Gas setzt nun, indem es durch den Spalt s geht, die Membranen m_1 und m_2 in tönende Schwingungen, und wenn man nun den intermittirend aus b austretenden Gasstrom entzündet und die Flamme vor den Augen hin und her bewegt, so sieht man wegen der Persistenz der Nachbilder eine wellenförmige Figur, welche die Flamme in ihren verschiedenen Phasen darstellt.

Optik.

Licht in großen Meerestiefen.

Daß im Meere auch in der Tiefe von 2000 Faden (3656 m) und in noch größerer Licht vorhanden ist, kann man nach A. E. Verrill deshalb als erwiesen betrachten[2]), weil wir sowohl bei

1) Ztschr. f. Instrumentenkunde. Sept. 1884, S. 317.
2) Nature XXX, p. 280 nach einem Aufsatze über „Results of dredgings in the Gulf Stream Region by the U. S. Fish Commission“ in Science 1884, July 4.

den meisten Tiefseefischen, als auch bei allen Cephalopoden, bei der Mehrzahl der zehnfüßigen Crustaceen und bei einigen Arten, die andern Gruppen angehören, gut entwickelte Augen antreffen. Bei manchen dieser Thiere, die in 2 bis 3000 Faden Tiefe leben, sind die Augen, entsprechend der geringen Menge Licht in großer Tiefe, verhältnißmäßig größer als bei den nahe verwandten Süßwasserformen, bei andern ist in dieser Hinsicht wenig Unterschied vorhanden. Manche Tiefseebewohner, namentlich aus den niedern Ordnungen des Thierreichs, haben allerdings gar keine oder nur rudimentäre Augen, während die entsprechenden Flachwasserformen mit Augen ausgerüstet sind. So sind insbesondere die Tiefsee-Gasteropoden meistens blind. Aber unter diesen Thieren befinden sich auch viele, die sich in dem weichen Schlamme am Meeresgrund aufhalten und eine wühlende Lebensweise führen. Auf eine solche Lebensweise ist vielleicht auch der rudimentäre Charakter der Augen zurückzuführen, den wir bei vielen Krustenthieren und Fischen antreffen. Uebrigens sind solche blinde Arten in der Regel mit hoch entwickelten Tastorganen ausgerüstet.

Aber nicht bloß die Anwesenheit des Lichtes in großen Tiefen im Meere glaubt Verrill behaupten zu dürfen, sondern er zieht auch aus der Farbe der Tiefseethiere Schlüsse auf die Art des Lichtes in solchen Tiefen. Man irrt wohl nicht, wenn man annimmt, daß die Farbe einestheils dem Thier Schutz gegen Feinde verleihen, anderntheils ihm die Jagd auf Nahrung erleichtern soll, indem es dasselbe für andere Thiere unsichtbar macht. Nun sind gewisse Tiefsee-Arten hellfarbig, auch durchsichtig, andere haben die Farbe des Schlammes, andere wieder, besonders Fische, sind dunkelfarbig, sogar fast schwarz, alles Färbungen, die von dem erwähnten Gesichtspunkte aus leicht erklärlich sind. Außerdem aber trifft man unter den Echinodermen, zehnfüßigen Crustaceen, Cephalopoden, Anneliden und Anthozoen zahlreiche Arten, die ebenso lebhaft, zum Theil selbst noch lebhafter gefärbt sind, als ihre Flachwasser-Verwandten. Auffallend aber erscheint nun die Thatsache, daß von hellen Farben bei den Tiefseebewohnern fast immer orange, manchmal auch braunrothe und purpurne Nüancen vorkommen, während hellgelbe Färbungen und die verschiedenen Schattirungen von Grün und Blau nur selten, wenn überhaupt

auftreten. So sind fast alle Seesterne bis zur Tiefe von 3000 Faden orange, orangeroth oder scharlach gefärbt; die größeren Schlangensterne sind meist orange oder gelblich-orange, auch gelblichweiß, die wühlenden Formen weiß oder schlammfarbig, während die zahlreichen Arten, welche an den Aesten von Gorgonien oder den Stielen von Seefedern haftend leben, in den meisten Fällen orange, scharlach oder roth gefärbt sind, gleich den Korallen, auf denen wir sie antreffen. Zahlreiche Gorgonienarten und Seefedern, welche häufig in der Tiefe vorkommen, sind im lebenden Zustande fast alle lebhaft orange oder roth gefärbt; sie alle haben zum Schutz gegen Feinde auch kräftige Nesselorgane, welche sie gegen gefräßige Feinde schützen, daher man annehmen darf, daß ihre Färbung wohl hauptsächlich dazu dient, sie für ihre Futterthiere unsichtbar zu machen, welche zu diesen fast stationären Thieren hinkommen müssen, um von ihnen gefangen zu werden. Auch eine große, schuppenbedeckte Anneliden-Art, **Polynoë aurantiaca Verr.**, welche gewöhnlich commensal auf einer großen orangefarbenen oder rothen, mit mächtigen Nesselorganen bewaffneten Actinie, **Bolocera tuediae** lebt, und ohne Zweifel bei ihr Schutz gegen Fische und andere Feinde findet, hat dieselbe Färbung wie die Actinie.

Sollen nun die orange oder roth gefärbten Thiere für andere Geschöpfe ebenso unsichtbar sein, wie schwarzgefärbte, so darf das in die Tiefe dringende Licht keine orange und rothen Strahlen enthalten, und Verrill denkt sich daher die größeren Meerestiefen durch ein mattes seegrünes Licht erhellt, das von dem auf die Meeresoberfläche auftreffenden Sonnenlicht herrührt, welches auf seinem Wege durch die mächtige obere Wasserschicht alle rothen und orange Strahlen verloren hat. Die Intensität dieses Lichts in Tiefen von 2 bis 3000 Faden ist wahrscheinlich nicht größer, als die des Mondlichts, wenn dieser uns eine ganz schmale Sichel zeigt; vielleicht ist sie bloß der des Sternenlichts vergleichbar. Bezüglich der Möglichkeit, daß überhaupt Licht von der Oberfläche in so große Tiefen eindringt, beruft sich Verrill auf die Thatsache, daß das Wasser auf offener See, fern vom Lande, weit durchsichtiger ist als in der Nähe der Küste.

Manche haben das Licht in der Tiefe des Meeres von

der Phosphorescenz der Tiefseebewohner herleiten wollen, welcher Ansicht sich indessen Verrill nicht anschließt. Denn obwohl uns viele phosphorescirende Tiefseebewohner bekannt sind und noch viele unbekannte Arten existiren mögen, so erscheint doch im Ganzen ihre Anzahl zu gering, um eine allgemeine Beleuchtung der Meerestiefe und die Entwickelung zusammengesetzter Augen bei zahlreichen Species hervorzurufen. Da viele Anthozoen, welche leuchten, auch Nesselorgane besitzen, so dürften wohl Fische und andere Raubthiere überhaupt leuchtende Thiere meiden, und die Phosphorescenz, die übrigens nur auf einen Nervenreiz eintritt, dient wahrscheinlich den Thieren zum Schutz. Damit stimmt die den Fischern wohl bekannte Thatsache überein, daß Netze, in deren Maschen sich Leuchtthiere verwickelt haben, von den Fischen gemieden werden.

Farbe des Wassers.

Die Arbeit von Spring über die Farbe des Wassers, deren im vorigen Jahrg. dieses Jahrb. S. 203 Erwähnung geschehen, hat auch S. L. Soret veranlaßt, sich über diesen Gegenstand zu verbreiten.[1]) Die Hauptresultate, zu denen derselbe gelangt ist, sind folgende:

Reines Wasser absorbirt vorzugsweise die weniger brechbaren Strahlen, sodaß bei hinreichender Dicke der Wasserschicht Roth und Orange fast ganz ausgelöscht werden. Da nun die Farbe des Wassers complementär ist zu der absorbirten Farbe, so muß sich die erstere mit der Dicke der Wasserschicht ändern: während bei einer gewissen Dicke ein wenig gesättigtes Bläulich-grün auftritt, erscheint eine viermal so dicke Schicht gesättigt blau.

Organische Substanzen, die im Wasser gelöst sind, ändern dessen Farbe entsprechend; namentlich geht diese vom Blau ins Grün und selbst in Gelb oder Braun über, wenn solche

1) **Archives des sc. phys. et nat., Mars** 1884, p. 276. Die **Société de Physique et d'Histoire Naturelle de Genève** hat eine aus Phil. Plantamour, S. L. Soret, Luc. de la Rive, C. de Candolle, Ed. Sarasin, Herm. Fol, R. Pictet, A. Rilliet und C. Soret bestehende Commission ernannt zur Untersuchung der Farbe und Durchsichtigkeit des Wassers des Genfersees. Die spectroskopische Untersuchung des Wassers durch Soret und Sarasin ist weiterhin unter den „Spectroskopischen Arbeiten" erwähnt.

Substanzen von gelber oder brauner Farbe in merklichen Mengen im Wasser gelöst sind.

Wesentlich beeinflußt wird ferner die Farbe des Wassers durch feste Theilchen, die in demselben suspendirt sind. Schon im Allgemeinen schwächen sie das durchgehende Licht, und wenn sie nun recht fein sind und die brechbarsten Strahlen absorbiren, während das Wasser selbst die weniger brechbaren Strahlen absorbirt, so ergeben sich verschiedenartige Farbentöne. Die schwebenden Theilchen wirken aber auch noch durch Diffusion des Lichts: Thatsache ist, daß in Flüssigkeiten schwebende Theilchen blaues Licht diffundiren und gleichzeitig polarisiren. Die Farbe, welche sich schließlich herausstellt, hängt natürlich von der Menge der schwebenden Theilchen ab: ist dieselbe nur sehr gering, so wird auch die blaue Farbe des Wassers von ihnen nur in geringem Grade beeinflußt; sind diese Theilchen aber zahlreicher, so verwandeln sie die blaue Farbe in Grün.

Spectroskopische Arbeiten.

Spectrographen nennt man Apparate, welche zur graphischen Fixirung von Spectren dienen. J. W. Draper hat schon 1843 einen derartigen Apparat beschrieben,[1]) den er aus Spalt, Prisma und einer Linse zusammengesetzt, um das Sonnenspectrum mit seinen dunkeln Linien zu photographiren. Mittels dieses Apparates, bei welchem der Spalt 11 Fuß vom Prisma und die nahe am Prisma aufgestellte Linse 6½ Fuß von der lichtempfindlichen Schicht entfernt war, gelang es Draper, im unsichtbaren Theile des Sonnenspectrums feste Linien, gleich den Fraunhofer'schen zu entdecken.

In der Folge haben die Spectrographen vielseitige Anwendung gefunden und dem erweiterten Wirkungskreis entsprechend ist auch ihre Construction mannigfach geändert worden. Neuerdings hat nun Dr. O. Lohse einen von O. Töpfer in Potsdam für das astrophysikalische Observatorium bei Potsdam hergestellten Spectrographen beschrieben,[2]) welcher bei geringen Dimensionen eine bequeme und vielseitige Verwendung bei photographischen Untersuchungen wie für spectralanalytische

---

1) Philos. Magazine. March 1843, p. 161.
2) Ztschr. f. Instrumentenkunde. 1885, 1. Heft, S. 11.

Zwecke gestattet. Neben der handlichen Form hat dieser Apparat noch den Vorzug großer Lichtstärke bei geringer Zerstreuung. Einen Hauptbestandtheil bildet das von F. Schmidt und Hänsch in Berlin bezogene Flüssigkeitsprisma, welches in den erweiterten Theil des Messingrohres bei A (s. Fig. 18) in Kork eingesetzt ist. Es ist dies ein Prisma mit geraden Endflächen, 87 mm lang und einschließlich der Verschlußplatten 26 mm hoch und 29 mm breit, das nach einem Vorschlag von W. Wernicke[1]) mit Zimmtsäure-Aethyläther gefüllt ist, einer Flüssigkeit, welche bei geringer Absorption eine ungemein starke Dispersion für die brechbareren Lichtstrahlen besitzt. Dieselbe verändert allerdings ihre optischen Eigenschaften sowohl durch Temperaturschwankungen als auch durch Schütteln und andere rein mechanische Einwirkungen; bei einiger Vorsicht aber lassen sich derartige störende Einflüsse soweit vermindern, daß sie unschädlich sind, und bei hinlänglich engem Spalt erhält man die Linien des Sonnenspectrums stets in ausgezeich-

Fig. 18.

1) Ztschr. f. Instrumentenkunde. 1881. S. 353.

neter Schärfe. Uebrigens ist das Prisma so in das Rohr eingesetzt, daß man es leicht herausnehmen und seine Endflächen reinigen kann, wenn dieselben bei nicht absolut dichtem Verschluß beschlagen sollten. Das Rohr, welches das Prisma aufnimmt, ist oben offen, und in der Figur erblickt man die geschlossene Einfüllöffnung des Prismas, sowie die zum Abschluß des seitlichen Lichts lose aufgesetzten Korksegmente s. Durch eine mit einem entsprechenden Ausschnitt versehene Hülse, die man an dem Knopfe k anfaßt, läßt sich aber die Oeffnung schließen. Das Messingrohr enthält ferner noch zwei Objective, planconvexe Linsen von Crownglas von 300 und 420 mm Brennweite, von denen das eine von kürzerer Brennweite als Collimator dient, das andere aber das Bild des Spectrums in der Camera oscura C erzeugt. Die Spaltvorrichtung F trägt eine drehbare Scheibe mit viereckigen Ausschnitten, um verschiedene Theile des Spaltes freilegen oder bedecken zu können, wodurch es möglich wird, verschiedene Spectra über einander zu photographiren. Eine Mikrometerschraube mit getheiltem Kopf dient zur Regulirung der Spaltweite, die bei Lohse's photographischen Spectral-Aufnahmen zwischen 0·02 und 0·05 mm schwankte.

Dieser ganze optische Theil des Apparates ist an der abschraubbaren Vorderwand V der Camera befestigt, und zwar etwas seitlich, um den größten Theil des Ultraviolett mit auf das Spectrum zu bekommen. Die Camera hat einen Balgauszug, welcher ermöglicht, den Cassettenrahmen R schräg gegen die Längsachse des Instruments zu stellen, damit sich alle Linien des Spectrums, trotz ihrer verschiedenen Brechbarkeit, nahezu gleich scharf abbilden. Die Schraube F dient dazu, den Rahmen in dieser Stellung, die sich durch einige Aufnahmen des Sonnenspectrums ermitteln läßt, festzuhalten. Zur Regulirung der Expositionszeit ist im Innern der Camera eine Klappenvorrichtung angebracht, welche mittels des Knopfes e sich drehen läßt und je nach ihrer Stellung den Strahlen den Durchgang gestattet oder nicht.

Die ganze Länge des Apparates von F bis zum Ende D des Rahmens beträgt 1 Meter; die größten Platten, welche in die zugehörigen Cassetten eingelegt werden können, sind 130 mm lang und werden bei Anwendung gelbempfindlicher

Gelatineschichten fast vollständig in der Länge ausgenutzt, denn die Entfernung von der Linie D bis zu H_1 im Violett beträgt 46·5 mm und von da bis in die Gegend der ultravioletten Linie O 60 mm.

Statt eines Heliostaten hat Lohse für die Aufnahme des Sonnenspectrums eine sehr primitive, aber dabei im Augenblicke aufstellbare und leicht transportable Spiegelvorrichtung vor dem Spectrographen angebracht, bestehend aus einem 140 mm langen und 100 mm breiten Spiegel, der auf einer Kugel von 50 mm Durchmesser befestigt ist, die auf einem offenen, mit Fuß versehenen Messingrohr liegt, in das sie zum Theil hineinragt; ihre Schwere bewirkt, daß der Spiegel in jeder gewünschten Lage stehen bleibt.

Wir wenden unsere Aufmerksamkeit demnächst einigen neueren Arbeiten über das Sonnenspectrum zu.

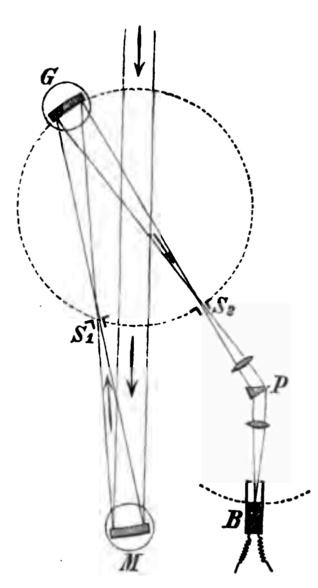
Der infrarothe Theil des Sonnenspectrums ist Gegenstand einer Arbeit von Langley in Allegheny-City.[1]) Bei seinen Beobachtungen auf dem Mount Whitney, über welche wir im vorigen Jahrg. dieses Jahrb., S. 206, berichtet haben, stieß derselbe auf eine bis dahin unbekannte dunkle Bande von sehr großer Wellenlänge, und bei dem Versuch, die letztere zu bestimmen, ergab sich eine bedeutende Ungenauigkeit der gewöhnlich zur Berechnung dienenden Cauchy'schen Formel. Dadurch wurde Langley zur Construction eines Apparates veranlaßt, der besonders zur Untersuchung der weit außerhalb der sichtbaren Theile des Spectrums gelegenen Regionen geeignet erscheint und dadurch die Möglichkeit bietet, für diese Regionen eine empirische Formel aufzustellen und die ihr entsprechenden Constanten aufzusuchen, sowie auch die Genauigkeit der gebräuchlichen Formeln von Cauchy, Redtenbacher u. A. zu prüfen, welche, obgleich theoretisch begründet, doch nur innerhalb der Grenzen des sichtbaren Spectrums Giltigkeit haben, aus dem ihre Constanten abgeleitet sind.

Nachdem Langley verschiedene vorläufige Versuche mit einem Rutherford'schen Gitter angestellt hatte, kam er schließ-

1) American Journal of Science. 1884, Märzheft; Ann. der Phys. u. Chemie. N. F. Bd. 22, S. 598. Einen Auszug der erstern Arbeit giebt das Septemberheft 1884 der Ztschr. f. Instrumentenkunde, S. 320.

lich darauf, ein concaves Rowland'sches Gitter von 1·63 m Krümmungsradius auf Spiegelmetall anzuwenden, das auf den Millimeter 142 Linien, im Ganzen 18 050 enthält. Bei der bedeutenden Ausdehnung dieses Gitters war das Spectrum überall heiß genug, um den Bolometerstreifen auch nach den verschiedenen Ablenkungen mit Absorptionen noch zu afficiren. Die Anordnung des Langley'schen Apparates ist in Fig. 19. schematisch dargestellt.

Fig. 19.



Die Lichtstrahlen, welche von dem ebenen Spiegel eines großen Siderostaten kommen, durchsetzen den Apparat und fallen auf einen Hohlspiegel M von 180 mm Oeffnung, worauf sie in einem etwa 1·5 m entfernten verticalen Schlitz S_1 convergiren, dessen Weite mittels einer Schraube regulirbar ist. Jenseits S_1 fallen die nun wieder divergirenden Strahlen auf das concave Gitter G, dem gegenüber sich ein zweiter, gleichfalls regulirbarer Schlitz S_2 befindet, der mit dem ersten Schlitz und dem Gitter stets auf der Peripherie eines Kreises von 1·63 m Durchmesser liegt. Wie daher auch die Schlitze gestellt sein mögen, immer entwirft das durch S_1 gehende Licht ein scharfes Spectrum auf S_2. Ein sehr massiver Arm, der das Gitter, den Schlitz und das schwere Spectrometer trägt, ist um einen Zapfen im Mittelpunkt des Kreises beweglich, sodaß die relative Lage dieser Theile ungeändert bleibt; der Schlitz S_2 wird automatisch dem Mittelpunkt des Gitters G gegenüber auf der Normalen desselben erhalten. Dieser Spalt S_2 gehört zu dem Spectrobolometer, das aus einem Prisma P, einer Collimator- und einer Objectivlinse, alle drei aus demselben diathermanen Glas, und dem eigentlichen Bolometer B (vgl. dieses Jahrb. XVIII,

S. 177) besteht. An die Stelle des Bolometers kann auch ein Ocular treten.

Mit Hilfe des Oculares und eines getheilten Kreises kann man nun die Abweichung, und also auch den Brechungsindex der aus dem Spalt S_2 tretenden Strahlen bestimmen, wenn sie sichtbar sind. Wenn sie aber unsichtbar sind, so kann man ihre Wellenlänge genau bestimmen durch Beobachtung der sichtbaren Strahlen, welche sich infolge der Wirkung des Concavgitters über sie gelagert haben, während ihr Brechungsindex mittels des Bolometers ermittelt wird, vorausgesetzt, daß sie hinlängliche Energie besitzen, um auf das Bolometer zu wirken. Bei der angewandten Methode gehen nämlich alle unsichtbaren Strahlen, deren Wellenlänge das n-fache von der Wellenlänge eines sichtbaren Strahles ist, mit diesem zusammen durch den Spalt S_2 und das Prisma P, und letzteres sondert dann den Strahl des ersten Spectrums von dem des zweiten, denjenigen des zweiten von dem des dritten u. s. f., daher man den Brechungsindex durch die Beobachtung bestimmen kann mit dem Auge bei den sichtbaren, mit dem Bolometer bei den unsichtbaren Strahlen.

Was nun die Ergebnisse anlangt, so zählt Langley als von ihm und seinen Vorgängern gefunden folgende Werthe von Wellenlängen (in Milliontel-Millimeter) von kalten Linien im ultrarothen Spectrum auf:

815 nahe an der äußersten Grenze des Sichtbaren, wahrscheinlich mit Abney's Z und Draper's α identisch;

850, offenbar identisch mit Abney's 854·0;

890, eine unansehnliche Linie. Abney giebt hier eine dicke Linie an, möglicherweise Draper's β entsprechend.

910, unansehnlich, vielleicht ein Theil von Drapers β.

940, sehr dicke Linie, an der äußersten Grenze von Draper's Untersuchungen, wahrscheinlich mit der letzten von Lamansky angegebenen Linie zusammenfallend; nach den Beobachtungen in Allegheny scheint sie tellurischen Ursprungs zu sein.

1260, unansehnliche Linie.

1350 bis 1370, sehr hervorragende Bande, fast absolut kalt und schwarz; dabei breit und verwaschen, so daß die Grenzen schwer bestimmbar sind, der kälteste Theil scheint die Wellen-

länge 1360 bis 1370 zu haben. Die Beobachtungen in Allegheny machen den tellurischen Ursprung wahrscheinlich.

Als neu entdeckt führt Langley folgende Linien und kalte Banden auf:

1550 und 1590, unansehnliche Linien;

1810 bis 1870, große, zuerst auf Mount Whitney entdeckte kalte Bande, wahrscheinlich tellurischen Ursprungs; sie stellt die letzte sichtbare Unterbrechung in der Energiecurve dar, weshalb Langley sie mit Ω bezeichnet.

1980 bis 2040, schwache, aber bestimmte Linien, die letzte mit dem Bolometer entdeckt.

Langley glaubt, daß das beobachtbare Sonnenspectrum sich sicher bis zur Wellenlänge 2700 ausdehnt.

Da die Langley'schen Werthe der Wellenlängen von den früher von H. Becquerel gefundenen (vgl. dieses Jahrb. XIX, S. 12) vielfach abweichen, so hat der letztere seine Arbeit wieder aufgenommen und ist durch Vervollkommnung seiner frühern Methode zu Resultaten gelangt, welche mit denen Langley's nahe übereinstimmen, die aber nach Becquerel's Ueberzeugung mit einem geringeren warscheinlichen Fehler behaftet sind.[1])

Capitän Abney hat in der Sitzung der Royal Society am 6. December 1883 folgende Werthe für die Wellenlängen einiger Hauptlinien im infrarothen Theile des Sonnenspectrums angegeben:[2])

8226·4 und 8229·9 Zehnmilliontel-Millimeter eine Doppelinie, 8496·8, 8540·6, 8661·0, 8986·2 und 8989·5 eine Doppellinie, 9494·5 und 9500·1 desgl., 9633·8.

Eine Darstellung des rothen Theiles des Sonnenspectrums zwischen den Fraunhofer'schen Linien A und C hat Fievez veröffentlicht.[3]) Auch Abney hat in dieser Region Messungen mit Hilfe seines photographischen Verfahrens angestellt. Dabei hat sich, wie er in seiner Mittheilung an die Royal Society vom 6. December 1883 bemerkt, herausgestellt, daß Photographie und Messung mit dem Auge in den Einzelheiten der Gruppe a nicht übereinstimmen, und ebensowenig

---

1) Comptes rendus, T. 99, p. 417.

2) Nature XXIX, p. 190.

3) Annales de l'Observatoire Royal de Bruxelles, Nouv. Sér., Tome V.

ist von dort bis A, sowie in A selbst Uebereinstimmung; die Photographie zeigt hier Einzelheiten, die in Fievez' Darstellung fehlen. Die Wellenlängen der verschiedenen Linien von jenseits a bis A sind nicht dieselben nach Fievez' Darstellung, die man erhält durch Vergleichung von Photographien des Spectrums erster Ordnung der rothen Region mit dem Spectrum zweiter Ordnung der ultravioletten Region, oder des Spectrums zweiter Ordnung der rothen Region mit demjenigen dritter Ordnung der grünen Region. Die Spectra wurden mit Hilfe eines Rowland'schen concaven Gitters erhalten. Nachstehend folgen die Wellenlängen einiger in der rothen Region liegender Linien in Zehnmilliontel-Millimetern, wobei bemerkt werden mag, daß Abney für die ultraviolelten Linien Cornu's, für die blauen und grünen aber Ångströms Atlas benutzt hat.

Bezeichung der Linie	Wellenlänge			Bemerkungen
	nach Vergleichung der Spectra 1. u. 2. Ord.	nach Vergleichung der Spectra 2. u. 3. Ord.	nach Fievez	
a	7184·4 7185·4	7184·5 7185·4	7197·7 7198·7	bei Ångström einfach: 7184·9
brechbarstes Ende von A	7593·6	7593·7	7600·0	Ångström giebt für die Mitte 7604; Langley für das Ende 7600·9
Mitte des 6. Linienpaares in den Cannelirungen nach A	7644·2	7644·33	7652·2	

Die Gruppe B im Sonnenspectrum. — Betrachtet man durch ein Spectroskop mit einem einzigen Prisma die Sonne, wenn sie in der Nähe des Zeniths steht, so bemerkt man nahe bei der Fraunhofer'schen Linie C, um ungefähr den vierten Theil ihres Abstandes vom äußersten Roth von ihr entfernt, eine starke schwarze Linie, welche Fraunhofer mit B bezeichnet hat. Ein kräftigeres Instrument mit fünf oder sechs Prismen zeigt uns dort ein breites dunkles Band, das von

C durch einen fast leeren Raum mit nur wenigen und schwachen Linien getrennt ist. Auf der andern Seite dieses Bandes stehen scharf-begrenzte Linien in regelmäßigen Zwischenräumen, deren erste doppelt zu sein scheinen. Pater Secchi war noch 1875 nicht im Stande das Band B in einzelne Linien aufzulösen; dies gelang erst 1878 ungefähr gleichzeitig dem schottischen Astronomen Piazzi Smyth und dem Amerikaner Langley. Der Erstere, welcher ein Spectroskop mit Prismen benutzte, erhielt indessen nur eine unvollständige Auflösung, während der Zweite mit ausgezeichneten Rutherford'schen Gittern nicht nur alle Linien trennte, sondern auch ihre Wellenlängen bestimmte. Ohne diese Arbeiten zu kennen, hat dann im nächsten Jahre L. Thollon, als er die ersten Versuche mit Laurent's stark-zerstreuenden Schwefelkohlenstoff-Prismen machte, diese Entdeckung wiederholt, und ihm verdanken wir die in Fig. 20 gegebene Darstellung dieser Linien.[1])

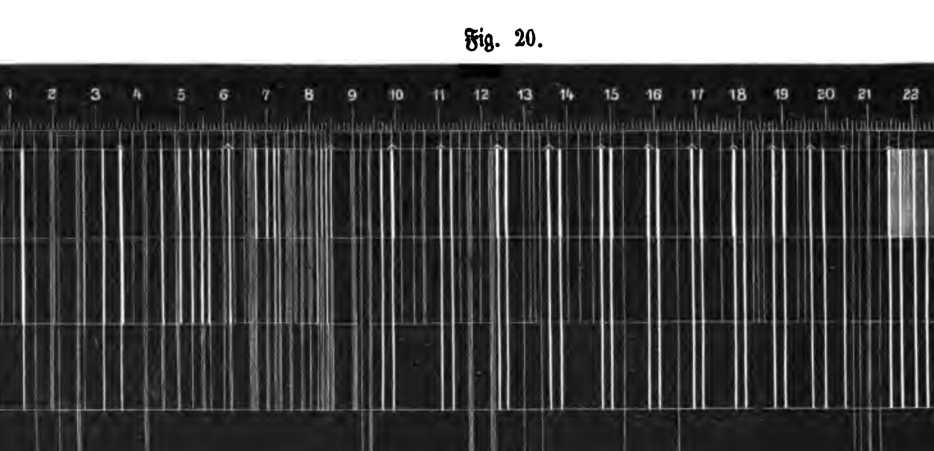
In dieser Figur erblickt man zu oberst den Maßstab; a giebt die Lage der einzelnen Linien an; 1. zeigt den Anblick der Region B wenn die Sonne 80° vom Zenith entfernt ist; 2. den Anblick bei 60° Zenithabstand der Sonne und feuchtem Wetter, 3. bei demselben Abstand und trockenem Wetter, 4. endlich giebt die nicht-tellurischen Linien, zeigt uns also die Region, wie wir sie sehen würden, wenn wir oberhalb der Atmosphäre beobachteten. Die 17 Linien, welche man hier, bei 4 gewahrt, bilden also eigentlich die Gruppe B; in 3 kommen dazu noch die Linien, welche den wesentlichen Bestandtheilen der Atmosphäre (Sauerstoff, Stickstoff, Kohlensäure) angehören, in 2 auch noch die dem Wasserdampf angehörigen Linien.

Schon Langley hat auf die große Regelmäßigkeit der Linien in der Gruppe B gegenüber der scheinbaren Regellosigkeit in den brechbareren Theilen des Spectrums hingewiesen und den Eindruck, den man bei einer vom violetten Ende aus unternommenen Durchmusterung empfindet, wenn man an jene Gruppe gelangt, mit dem eines Wanderers verglichen, der sich im Urwald verirrt hat und plötzlich auf eine regelmäßige Baumallee stößt. Auch die Fraunhofer'schen Linien A im selben

---

1) Bulletin astronomique, Mai 1884; Nature XXX, p. 520.

Fig. 20.



äußersten Roth, sowie a zwischen C und D besitzen eine solche regelmäßige Zusammensetzung.

Von besonderem Interesse ist aber die Frage nach dem Ursprung dieser Gruppe. Janssen sprach 1866 nach seinen Versuchen in den Pariser Gaswerken von La Villette' (vgl. dieses Jahrb. III, S. 110) die Meinung aus, daß die Linie B, wenigstens zum größten Theil, dem Wasserdampf zuzuschreiben sei. Dagegen wieß Ångström darauf hin, daß bei — 27° C, während die andern tel=

lurischen Linien fast ganz verschwanden, B vollständig deutlich sichtbar war, also nicht dem Wasserdampf ihren Ursprung verdanken könne. Auch Capitän Abney sprach die Ansicht aus,[1]) daß die Fraunhofer'schen Linien A und B nicht tellurisch, sondern auf ein Medium zwischen Sonne und Erde zurückzuführen seien, und Piazzi Smyth, der diese Linien anfangs für tellurisch hielt, hat sich später der Abney'schen Auffassung angeschlossen, in welcher er noch durch die Siemens'sche Sonnentheorie (dieses Jahrb. XVIII, S. 41) bestärkt worden ist. Um nun die Frage zu entscheiden, ob die Linien der Gruppe B tellurisch sind oder nicht, hat Thollon mehrere Jahre hindurch auf dem Observatorium bei Nizza die Spectralregion der Sonne von A bis b beobachtet bei Zenithdistanzen von 60° und 80°. Bei diesen Stellungen der Sonne ließen sich die Beobachtungen das ganze Jahr hindurch fortsetzen. Es wurden nun jederzeit, wenn die Witterung günstig war, die Intensitäten der einzelnen Linien, sowie der hygrometrische Zustand der Atmosphäre notirt. Dabei stellte sich heraus, daß die Hauptlinien in den Gruppen A, B und a, sowie die Linienpaare, welche nach dem weniger brechbaren Ende des Spectrums hin auf sie folgen, bei gleichem Zenithabstand auch immer in gleicher Intensität erscheinen, woraus Thollon den Schluß zieht, daß dieselben einer Absorption durch wesentliche Bestandtheile der Atmosphäre ihren Ursprung verdanken. Bestätigung findet diese Ansicht in einer Reihe von Versuchen, welche Thollon in Verbindung mit dem Professor der Physik an der Universität Warschau, Egoroff, im Jahr 1882 auf der Pariser Sternwarte anstellte: ein Büschel elektrischen Lichtes von dem 10 km entfernten Mont Valérien zeigte bei spectroskopischer Untersuchung die Gruppen A, B, a in voller Deutlichkeit. Egoroff hat dann später Sauerstoffgas in einer Glasröhre comprimirt, ein kräftiges Lichtbüschel durchgehen lassen und erhielt bei der spectroskopischen Untersuchung die Gruppen A und B, woraus zu schließen ist, daß dem atmosphärischen Sauerstoff ein wesentlicher Antheil an der Erzeugung dieser Linien gebührt. Ob auch der Stickstoff und die Kohlensäure mitwirken, das bleibt noch zu untersuchen; bis zur Veröffentlichung der Arbeit, der

---

1) Nature XXVI, p. 585.

das Vorstehende entnommen ist, konnte Thollon keine Linie der Gruppe B als diesen Körpern angehörig bezeichnen.

Piazzi Smyth hat gegen die Thollon'sche Ansicht vom atmosphärischen Ursprung der Hauptlinien der B=Gruppe Bedenken erhoben. Mehrere Beobachtungen dieser Gruppe, wenn die Sonne dem Zenith nahe war, also durch eine Luftschicht von geringster Mächtigkeit beobachtet wurde, zeigten ihm die Linien derselben in solcher Intensität, daß er auf die Vermuthung kam, ein Theil des Gases, dem sie ihren Ursprung verdanken, möge sich wohl weit jenseits der Grenzen der irdischen Atmosphäre, vielleicht in der äußersten Umhüllung der Sonne befinden. Es sei ja auch keineswegs unwahrscheinlich, daß wir dort Wasserdampf und Sauerstoff in größerer oder geringerer Menge antreffen.[1]

Die Gruppe D des Sonnenspectrums ist Gegenstand einer Monographie von Thollon. Mittels eines Spectroskopes, das zwischen den beiden Hauptlinien dieser Gruppe einen Winkelabstand von 12 Minuten gab, bestimmte derselbe folgende Wellenlängen (in Zehnmilliontel=Millimetern) für einzelne Linien:

D_1	5895·00	δ_5	5892·10	δ_{10}	5890·55
δ_1	5894·23	δ_6	5891·93	δ_{11}	5890·20
δ_2	5894·00	δ_7	5891·74	δ_{12}	5889·73
δ_3	5893·45	δ_8	5891·44	D_2	5889·00[2])
δ_4	5892·56	δ_9	5890·70		

Die Emissionslinien von Metalldämpfen im infrarothen Theile des Spectrums hat H. Becquerel in der Weise untersucht, daß er diesen Theil des Spectrums durch phosphorescirende Substanzen sichtbar machte[3]) (vgl. dieses Jahrb. XVIII, S. 21). Er verwendete Schwefelcalcium, das für die infrarothen Strahlen bis zur Wellenlänge 1250 Milliontel=Millimeter in grünem Licht phosphorescirt. Fielen nun Strahlen von dem im Volta'schen Lichtbogen verflüchtigten Metallsalz auf das vorher phosphorescirend gemachte Schwefelcalcium, so erschienen die Stellen, welche von

---

1) Nature XXX, p. 535.
2) Journ. de Physique. 2. série, T 3, p. 5.
3) Comptes rendus, T. 97, p. 71; T. 99, p. 374.

den infrarothen Strahlen getroffen werden, erst heller, dann aber dunkler als die übrigen.

Kaliumdampf, aus Chlorkalium, giebt vier starke Linien, deren Wellenlängen 770, 1098, 1162 und 1233 Milliontel-Millimeter sind.

Natriumdampf, gleichgültig ob durch Verflüchtigung von metallischem Natrium oder von Chlornatrium im elektrischen Lichtbogen erhalten, giebt die beiden schon mit bloßem Auge sichtbaren Linien 819 und 1142, von denen Abney mittels der Photographie gefunden hat, daß sie doppelt sind. Beide fallen zusammen mit starken Linien des Sonnenspectrums, die erstere mit derjenigen, welche Brewster mit Y bezeichnet hat.

Strontium giebt ungefähr bei 870, 961, 1003, 1034 und 1098 einzelne Linien und schwache Banden.

Calciumdampf, durch Verflüchtigung von geschmolzenem Chlorcalcium erzeugt, giebt zwei breite Banden oder vielleicht Liniengruppen von 858 bis 876 und von 883 bis 888.

Magnesium giebt eine sehr intensive Linie bei 899, eine sehr schwache bei 1047, eine sehr breite bei 1200, die mit einer andern bei 1212 zusammen an die Gruppe b des Sonnenspectrums erinnern.

Aluminium giebt breite und intensive vielleicht mehrfache Linien bei 1128 und 1361·5;

Zink zeigt zwei Linien bei 1125 und 1305,

Cadmium bloß eine bei 1050.

Beim Bleidampf treten sehr intensive Linien auf bei 1059·8, 1087 und 1133, während 1221 und 1229 eine schwache Gruppe bilden.

Thallium giebt eine Linie von ungefähr 1150 Wellenlänge.

Wismuth zwei Linien ungefähr bei 837 und 973.

Silber die beiden dem bloßen Auge sichtbaren Linien 771 und 825, endlich

Zinn die Linien 1083 und 1199.

Spectroskopische Studien bei Gasexplosionen sind von Liveing und Dewar angestellt worden, wie dieselben am 3. April 1884 der Royal Society berichtet haben.[1])

1) Nature XXIX, p. 614.

Veranlassung dazu bot die gelegentliche Beobachtung des Spectrums eines elektrischen Funkens, der in einem mit Wasser- und Sauerstoffgas gefüllten Cavendish'schen Eudiometer überschlug. Sie wurden dabei durch die Helligkeit überrascht, mit welcher nicht bloß die allenthalben verbreitete gelbe Natriumlinie, sondern auch die blaue Calciumlinie und eine Anzahl anderer Calciumlinien und Bänder auftraten. Es schien nicht recht glaublich, daß der momentane Funken Kalktheilchen von dem Glase losgerissen und ins Glühen gebracht hatte; gleichwohl haben weitere Versuche diese Ansicht bestätigt.

Bei diesen Versuchen befand sich das explodirbare Gasgemeng in einer ungefähr 1/2 Zoll (1·27 cm) weiten und 3 Fuß (91 cm) langen, an dem einen Ende mit einer Quarzplatte verschlossenen eisernen Röhre, die so aufgestellt war, daß ihre Achse in die Verlängerung der Collimatorachse des Spectroskopes fiel. Bei den ersten Versuchen wurden nun gleich eine Menge heller Eisenlinien erkannt, unter andern auch die grüne Linie, welche der Fraunhofer'schen Linie E im Sonnenspectrum entspricht. Da dies die beiden Experimentatoren zu der Ansicht brachte, daß bei der Explosion Eisenoxydtheilchen losgerissen würden, so führten sie verschiedene pulverförmige Substanzen und Verbindungen, welche bei ihrer Zersetzung in der Hitze in Dampf verwandelt wurden, in die Röhre ein, und ließen dann den Funken in einem Gemeng von Wasser- und Sauerstoffgas überschlagen.

Nach Einführung von Lithiumcarbonat waren dann nicht bloß die rothe, orange und blaue Lithiumlinie, sondern mit kaum geringerer Deutlichkeit auch die grüne Linie und die violette Linie 4135·5 sichtbar, ja diese Linien erschienen auch noch nachdem scheinbar alles Lithium durch wiederholtes Auswaschen entfernt worden war. Nach dem Einbringen des Lithiums erschien die rothe Linie viel breiter als die rothe Linie, welche Lithium in einem Bunsenbrenner gab, dessen Licht zum Vergleich auf den Spalt des Spectroskops geworfen wurde. Wenn der Entzündungsfunken an dem vom Spectroskop abgewendeten Ende der Röhre überschlug, so zeigte sich öfters in der Mitte der breiten rothen eine zarte schwarze Linie. Es trat also eine Umkehrung der rothen Lithiumlinie ein, und in der Folge wurde eine solche auch bei andern metallischen Linien beobachtet

und photographisch fixirt. Diese Beobachtungen zeigen, daß die Temperatur der Flamme nicht überall gleich hoch, sondern auf der Vorderseite der Explosionswelle niedriger ist als in den folgenden Theilen; die Explosion erfolgt eben nicht so augenblicklich, daß überall gleichzeitig das Maximum der Temperatur erreicht würde.

Bei Einführung von etwas Magnesia in die Röhre erschien das continuirliche Spectrum sehr hell, aber die Eisenlinien waren noch heller, wogegen sich keine der Magnesiumlinien mit Sicherheit erkennen ließ; nur die Linie b wurde, wiewohl unsicher, wahrgenommen.

Kalium-, Natrium- und Bariumcarbonate geben die Linien, welche man gewöhnlich beim Einbringen von Salzen dieser Metalle in eine Flamme beobachtet; Thallium gab die gewöhnliche grüne Linie.

Später wurde das Innere der Röhre ausgebohrt, sodaß eine glatte, glänzende Eisenfläche entstand, und nun ward zunächst zur Identificirung der Eisenlinien bei der Explosion in Knallgas verschritten. Mit Sicherheit wurden dabei beobachtet die Linien mit den Wellenlängen 5455 (Zehnmilliontel-Millimeter), 5446, 5403, 5396, 5371, 5327, 5269 (E), 5167 (b_4); ferner wurden Linien mit Wellenlängen von ungefähr 5139 und 4532 gesehen, die vielleicht dem Eisen angehörten, und ebenso waren gelegentlich, aber nicht immer, einige andere Linien sichtbar, die indessen nicht zu identificiren waren. Die Linien 4923 und 4919 wurden vergebens gesucht. Dagegen wurde im Blau eine Gruppe von Linien bemerkt und später photographirt, und ebenso wurden einige 60 Eisenlinien im Indigo-Violett und Ultraviolett photographirt. Im Allgemeinen treten keine Eisenlinien jenseits der ultravioletten Linie O (3440) auf; doch war auf einigen Platten noch T (3020) sichtbar, und es ist nicht unwahrscheinlich, daß manche Linien durch das Wasserspectrum verdunkelt werden, das stets auftritt und von R (3179) bis unterhalb s reicht. Jenseits T aber fehlen die Linien gänzlich, was wohl daher rührt, daß das Emissionsvermögen bei der verhältnißmäßig niedrigen Temperatur der Flamme im Ultraviolett zu gering ist.

Versuche mit explosiven Gemischen von Kohlenoxyd- und Sauerstoffgas, sowie von Kohlengas und Sauerstoff gaben im

Ganzen ähnliche Resultate, nur war das continuirliche Spectrum stärker entwickelt, und die Metalllinien traten nicht immer mit solcher Deutlichkeit auf wie beim Knallgas.

Als die Röhre mit Kupferfolie ausgelegt worden war, erschien im sichtbaren Theil des Spectrums nur die Kupferlinie 5105; außerdem aber traten noch die ultravioletten Linien 3272 und 3245·5 auf. Alle drei waren sehr kräftig, und die beiden ultravioletten wurden einigemal umgekehrt. Auch war noch im Indigo eine Linie, ungefähr 4281, sicher weniger brechbar als die Kupferlinie 4275, sichtbar, augenscheinlich entsprechend dem scharfen Rande einer der Banden, die man beobachtet, wenn ein Kupfersalz in die Flamme eines Bunsen-Brenners gehalten wird.

Bei galvanisch vernickeltem Kupferbeleg der Röhre wurde bloß die eine Nickellinie 5476 im sichtbaren Theil des Spectrums beobachtet; aber die Photographie zeigte im Ultraviolett 25 Nickellinien.

Ebenso wurden nach dem Einbringen von Kupferdraht, der galvanisch mit Kobalt überzogen war, 22 Kobaltlinien im Violett und Ultraviolett photographirt.

Eine ähnliche Menge Linien wie bei Eisen, Nickel und Kobalt wurde bei keinem andern Metall beobachtet.

Bleibeleg gab die Linien 4058, 3683 und 3639 kräftig. Mit einem Silberstreifen wurden die Linien 3381·5 und 3278 erhalten, die auch manchmal umgekehrt wurden; das dem Silber eigene cannelirte Spectrum wurde aber nicht sichtbar, selbst nicht bei Anwendung von Silberoxalat.

Ein Magnesiumdraht von ungefähr 2 mm Dicke und 2/3 der Röhrenlänge gab die Linien b_1 und b_2 sehr deutlich. Daneben wurde auch noch b_4 gesehen, da aber die Eisen- und Magnesium-Componenten dieser Linie dicht bei einander liegen, so konnte die Anwesenheit der letzteren nicht sicher festgestellt werden. Andere Magnesiumlinien wurden nicht gesehen.

Metallisches Mangan, als grobes Pulver in die Röhre gebracht, gab mit großer Intensität die Liniengruppe mit der Wellenlänge von ungefähr 4029, sonst aber keine Manganlinie mit Sicherheit; doch waren im Grün die dem Oxyd entsprechenden Cannelirungen bemerklich.

Ein Beleg von Zink gab keine Zinklinie, Zinkstaub gab auf der Photographie nur ein sehr zweifelhaftes Bild der Linie 3342. Ein Kadmiumstreifen gab keine Kadmiumlinie, und ebensowenig erzeugten Zinn, Aluminium und Wismuth, sowie Quecksilber, das als Amalgam über einen Kupferbeleg in der Röhre ausgebreitet war, irgend eine Linie.

Thallium, als Amalgam über einen Kupferbeleg ausgebreitet, gab die Linien 3775·6, 3528·3 und 3517·8.

Chrom, als Ammonium-Bichromat eingebracht, das nach der ersten Explosion das Oxyd hinterließ, gab die Chromlinien mit den Wellenlängen (ungefähr) 5208, 5205, 5204, 4289, 4274·5 4253·5 sehr deutlich und beständig, sowie außerdem 3605, 3592·5 und 3578·5.

Die Photographie der Flamme eines Gemisches von Kohlengas und Sauerstoff, in welchem ein Eisendraht verbrannt wurde, zeigt natürlich dieselben Eisenlinien und auch in gleicher Intensität wie die Explosionsflamme, aber diese Intensitäten weichen ab von denen des elektrischen Lichtbogens. So sind die Linien 3859, 3745, 3737, 3735 und 3719 viel kräftiger als 3647, 3631, 3618, welche im Lichtbogen auffällig stark sind.

Daß Eisen sich verflüchtigt unter dem Schmelzpunkte des Platins (ungefähr 1700° C), hat Watts bemerkt,[1]) welcher in der Flamme eines Bessemer-Converters fast alle grünen und blauen Eisenlinien beobachtete, die bei Gasexplosionen erkannt worden sind. Mit Rücksicht auf diese Leichtflüchtigkeit des Eisens erscheint es weniger überraschend, daß Eisenlinien mit Wasserstofflinien zusammen in bedeutenden Höhen der Sonnenatmosphäre beobachtet worden sind, als daß man sie nicht immer dort antrifft. Es mag dabei daran erinnert werden, daß Copeland im Spectrum des großen Kometen von 1882 vier Linien beobachtet hat, die nahezu identisch sind mit vier grünen Eisenlinien, die bei Gasdetonationen gesehen wurden.

Indem J. Parrey in der Luft oberhalb erhitzter Metalle oder Metallsalze elektrische Funken überschlagen ließ, überzeugte er sich davon, daß sie sich fast alle verflüchtigen, auch das Eisen.[2]) Um so merkwürdiger muß es erscheinen, daß bei

---

1) Philos. Mag., Vol. XLV, p. 86.
2) Chem. News XLIX, p. 241.

den Versuchen von Liveing und Dewar die leichtflüchtigen Metalle Zink, Kadmium und Quecksilber keine Linien gaben.

Ueber die ultravioletten Funkenspectra von metallischen Elementen und ihren Verbindungen unter verschiedenen Bedingungen hat W. N. Hartley mittels der Photographie Untersuchungen angestellt.[1]) Derselbe findet, daß die Spectra der Lösungen dieselben Linien zeigen wie die der Metallelektroden, nur werden die kurzen Linien länger und continuirlich. Benetzt man die Elektroden mit der Lösung eines Salzes oder auch mit reinem Wasser, so werden oft die Linien continuirlich und die kurzen Linien länger. Wahrscheinlich rührt dies von einer Temperaturerniedrigung der Elektroden her, denn ein Erhitzen der letzteren hat gerade die entgegengesetzte Wirkung.

Es mögen hier noch die Angaben Platz finden, die Hartley für die Wellenlängen der Linien im Spectrum des Berylliums macht:

3320·1 stark und scharf, 3129·9 sehr verbreitert, 2649·4 stark und scharf, 2493·2 desgl., 2477·7 desgl.

Derselbe Beobachter hat auch die Linienspectra des Bors und Siliciums untersucht.[2]) Bei Anwendung von concentrirter Boraxlösung, auf welche man die elektrischen Entladungen schlagen läßt, tritt die Natriumlinie D nicht im Spectrum auf, sondern dieses zeigt nur die der Borsäure angehörigen Linien 3450·3, 2497·0 und 2496·2.

Das Spectrum des Siliciums, unter Anwendung von kieselsaurem Natron, Natrium-Kieselfluorid, Kieselfluorwasserstoffsäure erhalten, zeigt die Linien

2881·0, 2631·4, 2541·0, 2528·1, 2523·5,
2518·5, 2515·5, 2513·7, 2506·3, 2435·5,

von denen sieben fast genau mit Linien zusammenfallen, welche Liveing und Dewar beim Kohlenstoff beobachtet haben, die also wahrscheinlich von dem in der Kohle enthaltenen Silicium herrühren.

Den Einfluß der Temperatur auf die Charaktere der Spectralinien hat Ch. Fievez genauer fest-

1) Chem. News XLVIII, p. 195.
2) Proceedings of the Royal Soc. XXXIII, p. 301.

zustellen gesucht,[1]) und er zieht aus seinen Experimenten den Schluß, daß alle Veränderungen in der Breite und Helligkeit der Spectrallinien in Temperaturänderungen ihren Grund haben, nicht in Druckänderungen. Die Verbreiterung kann auch nicht in der Mächtigkeit der vom Licht durchlaufenen Schicht ihren Grund haben, denn sonst müßten die Spectrallinien am Rande der Sonne breiter sein als in der Mitte, was nicht der Fall ist.

Wird durch den elektrischen Funken ein Körper verdampft oder ein Gas glühend gemacht, so bewirkt jede Aenderung des Widerstandes in dem gasförmigen Medium auch eine Aenderung der Temperatur. Die letztere kann man steigern durch Erhöhung des Druckes, durch Einschaltung eines Condensators in den Stromkreis, sowie auch durch Vergrößerung der Oberfläche des Condensators.

Bei den Versuchen von Fievez zeigte nun eine Geißler'sche Röhre, die mit Wasserstoff unter gewöhnlichem Atmosphärendruck von 760 mm gefüllt war, die Linie C verbreitert ohne Anwendung des Condensators, und ebenso war die Erscheinung bei einem Druck von 20 mm, wenn ein Condensator in Anwendung kam; der Elektrodenabstand betrug 100 mm.

Bei einer andern Wasserstoffröhre mit 2 mm Elektrodenabstand erschien die C-Linie verbreitert bei einem Drucke von 1500 mm, wenn ein Condensator mit kleiner Oberfläche benutzt wurde; bei einem Druck von nur 20 mm aber war ein Condensator von großer Oberfläche erforderlich.

Es folgt daraus, daß der Druck für sich keinen directen Einfluß auf die Verbreiterung ausübt.

In einer Wasserstoffröhre mit Magnesiumelektroden, die 1 bis 2 mm Abstand hatten, erschien bei 760 mm Druck und Anwendung eines Condensators die Linie C sehr glänzend, die Linie F dagegen sehr verbreitert und nebelhaft; bei Vergrößerung der Condensatorfläche aber wurde die Umkehrung der Linie F beobachtet. Es ist demnach möglich, eine Linie umzukehren, also eine dunkle Linie auftreten zu lassen, ohne daß man den Druck ändert; bei der Linie F gelingt dies leichter als bei C. Bei 1500 mm Druck und kleiner Condensatorfläche beobachtete

1) Bulletin de l'Acad. de Belgique. Sér. 3, VII, p. 348.

Fievez die F=Linie dunkel, die C=Linie hell; als aber die Fläche des Condensators vergrößert wurde, so wurde nicht bloß die dunkle Linie F breiter, sondern auch die helle C=Linie, und inmitten der letzteren trat eine feine schwarze Linie auf. Beide schwarze Linien wurden breiter, wenn die Elektroden bis auf 3 mm auseinander gezogen wurden.

Analoge Ergebnisse erhielt Fievez auch bei Versuchen mit Flammen. Ein Strom Wasserstoffgas wurde über Natrium geleitet, das sich in einem kleinen Ballon befand, und entzündet: die Flamme ward senkrecht gegen den Spalt gerichtet. Ohne Erwärmung erschienen die Natriumlinien fein und nicht umgekehrt; wurde aber der Ballon erhitzt, so wurden die Natriumlinien heller und breiter, und inmitten einer jeden erschien eine schwarze Linie, die mit steigender Erwärmung breiter wurde, und endlich erschien in ihrer Mitte wieder eine helle Linie. Entwirft man ein Bild der Flamme auf den Spalt des Spectroskopes, welches kleiner ist als die Spalthöhe, so erblickt man ein Spectrum, dessen Mitte der Flammenmitte entspricht, während die Ränder dem äußern Flammenmantel entsprechen, wo die Temperatur am niedrigsten ist. Dabei erscheinen nun die Natriumlinien in der Mitte breit und umgekehrt, nach dem Rande zu aber sind sie leuchtend und laufen in eine Spitze aus. Die Verbreiterung und Umkehrung rührt also nur von der höhern Temperatur her.

Aehnliche Resultate erhielt Fievez, als er in einer Platinröhre eine Knallgasflamme auf Natriumstücke richtete. Die beiden Natriumlinien verbreiterten sich hier bis zur Vereinigung, dann erschien in jeder eine dunkle Linie, in dieser eine helle und innerhalb der letztern wieder eine dunkle. Versuche mit Lithiumcarbonat gaben ähnliche Ergebnisse. Eine Zunahme in der Complicirtheit einer Spectrallinie deutet hiernach auf eine Temperaturerhöhung; es würden demnach auch die Sonnenflecke eine höhere Temperatur besitzen als die sie umgebende Sonnenoberfläche.

Bekanntlich zeigen die Wasserstofflinien an Sonnenflecken oft ein wellenförmiges gebrochenes Aussehen. So beschreibt Thollon eine derartige Beobachtung aus dem Jahr 1880[1]):

---

1) Comptes rendus, T. 91, p. 488.

„Die C-Linie zeigte anhaltende und schnelle Veränderungen, sie verbreiterte sich, drehte sich, wurde heller und zerfiel in einzelne Massen wie Perlen eines Rosenkranzes und dehnte sich bald nach rechts, bald nach links aus.“ Aehnliche Erscheinungen beobachteten auch Liveing und Dewar, als sie kleine Wassertropfen in das Bogenlicht einspritzten. Es ist nun Fievez gelungen, diese Erscheinung zu erhalten, indem er in einer mit Wasserstoff unter 2000 mm Druck gefüllten Röhre elektrische Funken von einem großen Ruhmkorff'schen Inductor mit Condensator zwischen Magnesiumelektroden überspringen ließ, die 1 bis 2 mm von einander abstanden. Bei einer sechs Flintglasprismen entsprechenden Dispersion sah er nicht nur die Linie C des Wasserstoffs, sondern auch die Magnesiumlinien b_1, b_2, b_3 sich wellenförmig krümmen, aufblähen und nach rechts und links biegen.[1])

Absorptionsspectrum des Wassers. — Bei der im Auftrag der Genfer Société de Physique et d'Historie naturelle unternommenen Untersuchung des Wassers ließen Soret und Sarasin das von einer Gaslampe kommende Licht oder auch das von einem Heliostaten reflectirte Sonnenlicht durch mit Wasser gefüllte Röhren von 1·1 m Länge gehen und beobachteten das Spectrum.[2]) Wenn dabei das Licht durch zwei Röhren, also durch eine Wasserschicht von etwas über 2 m gegangen war, so erschien im Orange, um 1/3 des Abstandes von D nach C von der ersteren Fraunhofer'schen Linie nach dem Roth hin entfernt, etwa einer Wellenlänge von 600 Milliontel-Millim. entsprechend, ein sehr schwaches, schmales, dunkles Band. Bei Anwendung von 3 Röhren war dasselbe deutlicher und noch dunkler erschien es bei 4 Röhren, also nach Durchlaufung einer Wasserschicht von 4·5 m; doch war die Farbe auch im letzteren Falle nur ein nicht sehr dunkles Grau. Mit wachsender Mächtigkeit der vom Licht durchlaufenen Schicht verschwand übrigens das rothe Ende des Spectrums mehr und mehr. Das erwähnte Band erschien im Wesentlichen gleichmäßig im Rhonewasser, der Genfer Wasserleitung entnommen, im Wasser der Arve aus der Canalisation des städtischen Weichbildes und im destillirten Wasser, weshalb Soret und Sa-

1) Bulletin de l'Acad. royale de Belgique. Ser. 3, VII, p. 245.
2) Comptes rendus, T. 98, p. 624.

rasin dasselbe als charakteristisch für das Wasser ansehen. Secchi und H. W. Vogel haben dasselbe allerdings nicht beobachtet, was die Genfer Gelehrten durch die Schwäche des Roth und Orange in dem von diesen frühern Beobachtern untersuchten Spectrum erklären; giebt doch Vogel an, daß bei seiner Untersuchung des aus dem Wasser kommenden Lichtes der blauen Grotte auf Capri die Fraunhofer'sche D-Linie kaum erkennbar war. Derselbe Beobachter sah freilich andererseits die beiden Linien E und b zu einem deutlichen dicken Absorptionsstreifen zusammenfließen (vgl. dieses Jahrb. XII, S. 187), während das Genfer Wasser an dieser Stelle kein Absorptionsband zeigte; vielleicht dürfte der von Vogel beobachtete Streifen auf Rechnung einer im Meerwasser enthaltenen Substanz zu setzen sein.

Polarisation und Doppelbrechung.

Im Anschluß an die Mittheilungen S. 179—189 des vorigen Jahrgangs dieses Jahrbuchs mögen hier noch einige neue Vorschläge zur Verbesserung der Polarisations-Prismen Erwähnung finden.

Ein Vorschlag, den E. Bertrand macht, um dem Prisma ein möglichst großes Gesichtsfeld zu geben,[1]) stimmt im Princip mit dem schon 1869 von Jamin und Zenker gemachten überein, dessen praktische Schwierigkeiten neuerdings von Feußner so glücklich überwunden worden sind.

Ein zweiter Vorschlag Bertrands geht dahin, zwei Schnittflächen kreuzweis durcheinander, symmetrisch gegen die Achse des Prismas zu legen. Es kann dann von keiner Seite ein nicht polarisirter Lichtstrahl ins Auge gelangen, und das Gesichtsfeld wächst daher bedeutend. Bei einem Schnittwinkel von 63° 26′, wobei die Länge doppelt so groß ist als die Breite, findet Bertrand ein Polarisationsfeld von 98° 41′; dies gilt indessen, wie Dr. Zenker bemerkt hat,[2]) nur unter der Voraussetzung, daß man mit dem Auge von der einen Seite zur andern geht; für das ruhige Auge ergiebt sich 47° 27′.

Bei dem von C. D. Ahrens beschriebenen Polarisations-

1) Comptes rendus T 99, p. 538.

2) Ztschr. f. Instrumentenkunde, Jan. 1885, S. 30.

Prisma [1]) erfolgt die Beseitigung des falschen Bildes nicht durch totale Reflexion, sondern durch Brechung. Drei Kalkspathprismen s sind derart mit Canadabalsam an einander gekittet, daß die optischen Achsen der beiden äußern parallel zur brechenden Kante sind, während die des mittleren, größeren Prismas rechtwinklig zu ihr liegt. Ein Strahl, der in den beiden äußeren Prismen ein ordentlicher ist, wird im mittlern Prisma zum außerordentlichen und wird daher stark nach rechts abgelenkt, während der andere nach links abgelenkt wird; beide Ablenkungen erfolgen übrigens unter starker Farbenzerstreuung. Wird nun obenauf ein Prisma g von schwerem Flintglase gekittet, so daß die brechende Kante rechts liegt, so wird die Brechung und Farbenzerstreuung nach links vermehrt, nach rechts vermindert, und es handelt sich nun darum die Form des Glases und den brechenden Winkel so zu wählen, daß in dem Bilde rechts Ablenkung wie Farbenzerstreuung gerade aufgehoben werden. Ahrens giebt an, daß das falsche Bild um $52\frac{1}{2}^0$ abgelenkt sei, so daß es nicht mehr störe; die Polarisation sei durchaus linear, und die Länge des Prismas betrage das $2\frac{1}{4}$ fache der Breite. Es soll dieses Prisma sich vorzugsweise als Analysator bei Mikroskopen eignen. Seine Form ist aus Fig. 21 erkennbar.

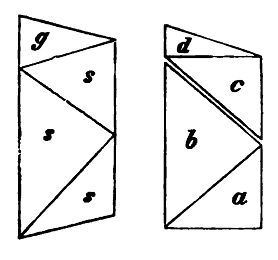


Fig. 21. Fig. 22.

H. G. Madan in Eton hat dieses Prisma in der in Fig. 22. angedeuteten Form abgeändert [2]). Wie beim Ahrens'schen Prisma gehen die Lichtstrahlen zunächst durch zwei Kalkspathprismen a und b, deren Achsen rechtwinklig gegen einander stehen, so daß der ordentliche Strahl des ersten im zweiten zum außerordentlichen wird und umgekehrt. Zwischen dem zweiten und dritten Prisma befindet sich aber nicht wie bei der Anordnung von Ahrens eine Schicht Canadabalsam, sondern eine Luftschicht, wie bei Foucault's Prisma, so daß der ordent-

1) Journal of the Royal Microscopical Soc., Aug. 1884; Philos. Mag., Jan. 1885.
2) Nature XXXI, p. 371.

liche Strahl durch totale Reflexion an dieser Luftschicht beseitigt wird. Der übrig bleibende außerordentliche Strahl wird dann durch ein Paar Prismen von Crownglas (c) und von sehr schwerem Flintglas (d) wieder in seine ursprüngliche Richtung gebracht, wobei zugleich die Dispersion aufgehoben wird; letzteres gelingt freilich nicht vollständig. Die Länge dieses Prismas ist kaum doppelt so groß als seine Breite, das Gesichtsfeld beträgt 28°.

Controlbeobachtungsröhre von Schmidt und Hänsch für Polarisationsinstrumente.[1]) Bei den Polarisationsapparaten für saccharimetrische Zwecke bedient man sich zur Messung des Drehungsvermögens einer Flüssigkeit der sogenannten Keilcompensation: man läßt den Lichtstrahl, nachdem er durch die Flüssigkeit gegangen noch durch eine aus zwei keilförmigen Stücken gebildete Quarzplatte von entgegengesetzter Drehungsrichtung hindurchgehen und verändert deren Dicke durch Verschiebung des einen Keils so weit, daß die Drehung gerade wieder aufgehoben wird. Der Procentgehalt der Lösung ist dann der an der Scala abgelesenen Verschiebung des Keiles proportional. Da man aber beispielsweise die rechts drehende Compensationsplatte nicht unendlich dünn zu machen vermag, so kann die Scala nicht bis Null reichen, sofern nicht die Wirkung des Restes der Compensationsplatte durch eine zweite Platte von links drehender Substanz aufgehoben wird. Wird diese Platte ebenfalls aus einem Keilpaar zusammengesetzt, so kann man den Nullpunkt der ersten Scala an jede beliebige Stelle verlegen und ist im Stande, die Richtigkeit der messenden Scala durchgehends mit einer einzigen Flüssigkeit von bekanntem Drehungsvermögen zu prüfen, so wie man auch umgekehrt die Scala des zweiten Compensators unter allmählicher Verlegung ihres Nullpunktes mit Hilfe des ersten mit einer einzigen Normallösung zu prüfen vermag. Auf diesem Princip beruht der doppelte Keilcompensations-Apparat von F. Schmidt und Hänsch in Berlin, der allerdings kostspieliger ist als ein einfacher Compensationsapparat. Bei einem Apparate mit einfacher Compensation ist aber die Prüfung der Scala nur ausführbar mit Hilfe verschiedener Lösungen von bekannter Concentration. Um

1) Ztschr. f. Instrumentenkunde, Mai 1884, S. 169.

nun die Zahl der zeitraubenden Wägungen von polarisirender Substanz und Wasser, welche die Herstellung derartiger Lösungen erfordert, möglichst zu verringern, haben Schmidt & Hänsch eine Controlbeobachtungsröhre construirt, bei welcher die zweite Quarzcompensation durch ein Flüssigkeitssäule von veränderlicher Länge ersetzt wird. In einer horizontalen Röhre, die auf der Oberseite einen abnehmbaren Trichter trägt, bewegt sich teleskopartig eine zweite, an der Innenwand der ersten genau anschließende Röhre, so daß zwischen den beiden vordern, durch planparallele Glasplatten geschlossenen Enden der beiden Röhren ein Raum von veränderlicher Länge übrig bleibt, der mit einer Lösung von bekanntem Procentgehalt gefüllt ist. Beim Zusammenschieben tritt die verdrängte Lösung in den Trichter. Die Bewegung wird vermittelt durch einen Trieb mit Zahnstange, welche letztere eine Millimeterscala trägt, die sich an einem zehntheiligen Nonius vorbeibewegt, so daß man Zehntelmillimeter direct ablesen, halbe Zehntelmillimeter aber noch schätzen kann. Das Einfüllen der Lösung darf übrigens nicht durch den Trichter erfolgen, weil dabei störende Luftblasen mitgerissen werden; sondern man hält die Röhre im ganz ausgezogenen Zustande, entfernt den Trichter und verstopft die Oeffnung für denselben, entfernt den vordern (nunmehr obern) Verschluß der Röhre und gießt dann die Flüssigkeit ein.

Eine sorgfältige Prüfung der Scala erscheint um so nothwendiger, als nach den Erfahrungen, welche Schmidt & Hänsch an Saccharimetern verschiedensten Ursprungs gemacht haben, Fehler von mehrern Procenten in einzelnen Regionen bei sonst gut gearbeiteten Apparaten nicht zu den Seltenheiten gehören. Dies ist auch leicht erklärlich, wenn man bedenkt, daß zur Erzeugung einer Aenderung von einem Procent nur eine Verschiedenheit von 0·016 mm in der Dicke der Quarzplatte erforderlich ist. Um so mehr empfiehlt sich der Gebrauch der beschriebenen Controlbeobachtungsröhre, die auch schon vielen Anklang gefunden hat.

Schmidt & Hänsch haben sich dadurch veranlaßt gesehen, dasselbe Princip auch zur Construction eines einfachen Polarisationsapparates zu verwenden,[1]) der bei Weg-

---

1) Ztschr. f. Instrumentenkunde, Febr. 1885, S. 61.

fall der Quarzkeilcompensation sich verhältnißmäßig billig herstellen läßt. Allerdings läßt sich mit diesem Apparate nicht der Grad von Genauigkeit erreichen, wie mit vollkommneren Instrumenten; der neue Apparat dürfte aber dessen ungeachtet ein weites Feld der Anwendbarkeit besitzen, namentlich da, wo es sich um zahlreiche, schnell auszuführende Bestimmungen handelt, z. B. bei Probeuntersuchungen des Zuckergehaltes von einzelnen Rüben. Mit Rücksicht auf die Möglichkeit schnellen Arbeitens ist auch die Anordnung des Instrumentes eine von der üblichen ganz abweichende, es sind nämlich die einzelnen Theile in verticaler Lage über einander angebracht. An einem Stativ aus gut getrocknetem Holz sind zwei Metallringe befestigt, welche in Metallhülsen die beiden Nicols tragen. Der untere (Halbschatten-) Nicol ist unbeweglich, und unterhalb desselben ist ein drehbarer Spiegel angebracht, der das von einer Lampe oder vom hellen Himmel kommende Licht zunächst auf eine Sammellinse wirft, worauf es durch die Nicols und die zwischen ihnen befindlichen Flüssigkeiten geht. Der obere (analysirende) Nicol ist drehbar, so daß völlige Intensitätsgleichheit der beiden Hälften des Gesichtsfeldes in einem kleinen, oberhalb dieses Nicols angebrachten Beobachtungsfernrohr hergestellt werden kann. Zwischen den beiden Nicols ist nun der verticale Glascylinder angebracht, in welchem sich die zu untersuchende Lösung befindet. In die polarisirende Flüssigkeit taucht von oben ein innen geschwärztes Messingrohr ein, so daß die Dicke der polarisirenden Flüssigkeit begrenzt wird unten durch die Glasplatte, welche den Boden des Flüssigkeitscylinders bildet, oben durch die Glasplatte am untern Ende des Tauchrohres. Bezüglich weiterer Einzelheiten sei auf die citirte Originalabhandlung verwiesen.

Drehung der Polarisationsebene unterm Einfluß elektrischer Entladungen. Bekanntlich neutralisiren sich die beiden Elektricitäten beim Entladen einer Leidener Flasche nicht momentan, sondern in oscillirender Weise: beide Elektricitäten gehen bei einander vorbei, kehren wieder um, gehen dann wieder vor u. s. f., bis dann, allerdings schon nach kurzer Zeit, die Neutralisirung vollendet ist. Das Bild des Entladungsfunkens in einem rasch rotirenden Spiegel besteht daher nicht aus einer einzelnen Lichtlinie, sondern aus

einer Reihe paralleler, immer feiner werdender und dichter stehender Linien. Vor einigen Jahren haben nun E. Bichat und R. Blondlot mit Hilfe ziemlich complicirter Apparate den Nachweis geführt, daß während einer solchen Entladung auch die Polarisationsebene des Lichts genau gleichzeitig mit den elektrischen Oscillationen sich abwechselnd nach rechts und nach links dreht.[1])

Neuerdings ist es nun E. Lecher gelungen,[2]) die Drehung der Polarisationsebene auch zu beobachten, wenn ein polarisirter Lichtstrahl durch den Hohlraum einer sehr kräftigen Inductionsspirale hindurchgeht. Jedesmal, wenn der Strom geschlossen wird, erleidet die Polarisationsebene eine Drehung. Der Versuch, das Phänomen umzukehren, war erfolglos: Lecher ließ einen Lichtstrahl mit oscillirender Polarisationsebene durch eine Inductionsspirale mit Telephon hindurchgehen, konnte aber im Telephon nichts hören. Derselbe glaubt übrigens nicht an eine directe Einwirkung des elektrischen Stromes auf das Licht, sondern hält die Erscheinung für eine secundäre, vermittelt durch das Medium, in welchem sich der Lichtstrahl bewegt.

Doppelbrechung in Flüssigkeiten. — Bisher ist die Doppelbrechung nur an Substanzen beobachtet worden, die in irgend einer Weise eine Orientirung im Raume darbieten, und sie steht zu dieser Orientirung in naher Beziehung, mag sie nun von der Anordnung der Materie in einem Krystall oder von Compression oder Spannung der festen Materie in einer bestimmten Richtung, durch Druck, einseitige Abkühlung und dergl. herrühren. Dementsprechend ist auch die Gestalt der Lichtwellenoberfläche in doppeltbrechenden Körpern immer an bestimmte Richtungen gebunden. Dies kann indessen keinen Einwand gegen die Annahme doppelt brechender Flüssigkeiten begründen, und in der That hat Ernst v. Fleischl auf experimentellem Wege den Beweis geführt, daß es doppeltbrechende Flüssigkeiten giebt.[3]) Die beiden Strahlen, in die ein (ordinärer oder linear polarisirter) Lichtstrahl in einer solchen Flüssigkeit zerfällt, sind circular und einander entgegengesetzt

1) Comptes rendus, T. 94, p. 1590.
2) Repert. d. Physik XX, Heft 2, S. 152.
3) Sitzungsber. der k. k. Akad. d. Wissensch. II. Abth. vom 9. Oct. 1884 (Bd. 90); Ann. d. Phys. und Chemie. N. F. Bd. 24, S. 127.

polarisirt. Aus ihrer ungleichen Geschwindigkeit in der Flüssigkeit folgt eine Phasendifferenz, welche dem Wege in der Flüssigkeit proportional ist, und diese bildet die alleinige Ursache der Circumpolarisation derartiger Flüssigkeiten. Die doppeltbrechenden Flüssigkeiten haben keine optische Achse, und die Wellenoberfläche des Lichts in ihnen besteht aus zwei concentrischen Kugelschalen.

Bei dem Versuche, die Doppelbrechung flüssiger Körper augenfällig zu machen, konnte es sich nur um circularpolarisirende Flüssigkeiten handeln. Aus dem Drehungsvermögen derselben läßt sich der Grad der Doppelbrechung leicht berechnen. Nun ergab aber die Rechnung selbst bei den am stärksten drehenden Flüssigkeiten eine so geringe Doppelbrechung, daß man nicht erwarten durfte, sie auf die gewöhnliche Weise zu erkennen. Deshalb ließ v. Fleischl von der Firma C. A. Steinheil's Söhne in München den nachstehend beschriebenen Apparat construiren:

Aus drei langen schmalen Glasstreifen wurde eine an beiden Enden und oben offene Rinne von 534 mm Länge, 15 mm Breite und 15·6 mm Höhe im Lichten hergestellt, deren Enden durch planparallele Glasplatten verschlossen wurden. Das Innere dieser Rinne aber wurde durch 21 planparallele, gegen die Achse der Rinne unter 30° geneigte, vertical stehende Glasplatten von 1·5 mm Dicke, die zickzackförmig geordnet waren, in 22 Hohlprismen getheilt, von denen die beiden äußersten einen brechenden Winkel von 60°, die übrigen einen solchen von 120° besaßen. Der Brechungsindex der planparallelen Platten betrug für die Linie D 1·512, für F 1·518.

Dieser Apparat sollte nun derart angewandt werden, daß sämmtliche Prismen, die ihre brechende Kante nach der einen Seite hinkehren, mit einer rechts drehenden, die andern mit einer links drehenden Flüssigkeit gefüllt wurden. Hatten beide Flüssigkeiten auch noch gleiche Brechungsindices, so durfte man nach der üblichen Anschauungsweise erwarten, das Lichtbündel, das durch eine Platte eintritt, durch die andere ganz unverändert wieder austreten zu sehen. Beruhte jedoch die optische Activität der Flüssigkeiten auf einer der axialen Doppelbrechung des Quarzes analogen Doppelbrechung, so mußten zwar die einfachen Brechungen in den abwechselnden Prismen

sich aufheben, die Doppelbrechungen aber sich summiren. Bezüglich der Doppelbrechung ist nämlich daran zu erinnern, daß mit jedem Wechsel in der Richtung der brechenden Kante der Prismen auch ein Wechsel in der Eigenschaft der beiden Strahlen einhergeht, sich schneller oder langsamer fortzupflanzen, d. h. stärker oder schwächer gebrochen zu werden. Indem nun v. Fleischl noch ein besonders für merklich parallel der Achse einfallende Strahlen sehr vollkommenes Fernrohr von A. Prazmowski in Paris zur Beobachtung benutzte, durfte er hoffen, durch den mit optisch activen Flüssigkeiten gefüllten Apparat seine Miren doppelt zu sehen.

Die Prismen wurden zunächst mit Lösungen von rechts und links drehendem Zucker gefüllt, deren Brechungsindex für die Fraunhofer'sche Linie D 1·473 betrug. Indessen zeigten sich in den Flüssigkeiten zu viele Schlieren, und dieselben wurden daher verdünnt, bis der Brechungsindex für D 1·380 wurde. Auf der einen Seite des Apparates befand sich nun die als Lichtquelle dienende Gasflamme, vor der ein Schirm stand, in dessen Mitte ein mit einer feinsten Oeffnung durchbohrtes Stanniolblättchen angebracht war. Auf der andern Seite, in ungefähr 5 m Abstand vom Apparat, war das Fernrohr aufgestellt, das ein astronomisches Ocular mit 65facher Vergrößerung hatte und auf die Oeffnung im Stanniol eingestellt war. „Blickte man durch das Fernrohr, so sah man nicht einen hellen Punkt, sondern deren zwei nebeneinander. Der Anblick war ganz der eines gut aufgelösten Doppelsternes."

Beim nächsten Versuche wurde als rechts drehende Flüssigkeit Orangenöl (aus Pomeranzenschalen gewonnen, nicht das aus Pomeranzenblüthen erhaltene sogenannte Neroli) mit einem Brechungsindex von 1·4713 für D verwendet, und als links drehende Flüssigkeit eine klare, fast farblose Mischung von Terpentinöl und Ricinusöl mit gleichem Brechungsindex. Als Lichtquelle diente eine Natriumflamme. Trotzdem daß diesmal nur 15fache Vergrößerung angewandt wurde, lagen doch bei Anwendung der erwähnten Flüssigkeiten von sehr starkem Drehungsvermögen die beiden Bilder weiter auseinander als beim ersten Versuch unter Anwendung 65facher Vergrößerung.

Die Prüfung des durchgegangenen Lichtes mit einem Glimmerplättchen und einem Nicol'schen Prisma, die allerdings

beim ersten Versuch wegen der starken Vergrößerung sehr schwierig war, zeigte, daß die zwei Strahlen circular polarisirt in entgegengesetzter Richtung waren.

Wärmelehre.

Calorimetrische Messungs-Methoden.

Prof. Otto Pettersson in Stockholm hat vor einiger Zeit darauf hingewiesen, daß man beim weiteren Fortschreiten der Wissenschaft an die calorimetrischen Messungen immer dringender gewisse Anforderungen wird stellen müssen:[1])

Zunächst sind alle calorimetrischen Messungen bei unveränderlicher Temperatur, d. h. ohne Hilfe eines Thermometers auszuführen. Jede Veränderung der Temperatur während der calorimetrischen Versuche verursacht nämlich Irrthümer und macht Correctionen nöthig. Deshalb giebt die Regnault'sche Mischungsmethode nur dann zuverlässige Resultate, wenn die zu messende Wärme in Zeit von wenig Secunden oder Minuten entwickelt wird, während bei längerer Dauer des Experiments der Einfluß störender Fehlerquellen, wie Wärmestrahlung und Leitung, sich mehr und mehr geltend machen. Die Eisschmelzmethode von Lavoisier und Laplace und ebenso die neuere von Bunsen vermeiden diesen Uebelstand, indem sie die Messungen bei der Temperatur des Gefrierpunkts des Wassers vornehmen. Doch ist auch das Bunsen'sche Eiscalorimeter nicht ganz zuverlässig. Bunsen schreibt vor, das Calorimeter in ein großes Gefäß zu stellen, das mit absolut reinem Schnee gefüllt ist. Obwohl aber Pettersson große Mengen reinsten Schnees zur Verfügung standen, so hat er doch in Gemeinschaft mit Prof. Nilson einen ganzen Winter durch vergeblich versucht, mit der ursprünglichen Bunsen'schen Anordnung zuverlässige Resultate zu erhalten, und er hält deshalb das Bunsen'sche Eiscalorimeter ohne die von Schuller und Wartha angegebene Verbesserung, das Calorimeter wieder in ein Gefäß mit Eis und reinem Wasser zu tauchen, für ungeeignet zu feineren Bestimmungen. Indessen werden durch diese Anordnung die Schwankungen des Quecksilberindex im

1) Nature XXX, p. 320.

Bunsen'schen Calorimeter nicht beseitigt, sondern nur regelmäßig gemacht. Manche Physiker erklären diese Schwankungen durch die Veränderungen des Luftdruckes; Pettersson ist aber eher geneigt, die Ursache dieser Schwankungen in dem eigenthümlichen Verhalten des Wassers in der Nähe des Gefrierpunkts zu suchen. Bisher nahm man an, daß bei 0° C das specifische Volumen des Eises, welches nach Pettersson's Bestimmung 1·090686 beträgt, plötzlich in das des Wassers = 1·000000 übergeht. Es mag dies bei absolut reinem Eis so sein; bei jeder Art von gefrornem Wasser aber, das nur die kleinsten Spuren von Verunreinigung enthält, welche unvermeidlich sind, wenn das Wasser längere Zeit in einem Glasgefäß gekocht worden ist, erfolgt der Uebergang vom Eis in flüssiges Wasser nicht plötzlich, sondern allmählich und beginnt schon ein wenig unter 0° C. Solches Eis erhält sein größtes Volumen nicht genau bei 0°, sondern je nach dem Grade der Verunreinigung einige Hundertel- oder Zehntel-Grad unter 0°. Denken wir uns nun, das Wasser in dem äußeren Gefäß sei etwas reiner oder auch etwas weniger rein als das im Calorimeter, so wird im ersten Falle sein Schmelzpunkt etwas höher sein und der Index wird zurückgehen, während er im entgegengesetzten Falle sich vorwärts bewegt.

Sodann sollte nach Pettersson der Betrag der Wärme, die bei einem calorimetrischen Versuch entwickelt wird, direct in Arbeit umgewandelt und in absolutem Maße, nach Meter-Kilogramm, gemessen werden, um so mehr als die mechanischen Einheiten 430mal so groß sind als die thermischen, daher eine genauere Messung möglich ist.

Diese Principien hat nun Pettersson zunächst auf die Construction eines Apparates zur Messung der strahlenden Wärme angewandt (vgl. Fig. 23). In die kugelförmige Erweiterung A des graduirten Glasrohres B ist der eine Schenkel eines allseitig geschlossenen Luftthermometers $\alpha\beta$ mit der Kugel α eingeschmolzen, während der andere Schenkel β sich in freier Luft befindet oder auch in ein Gefäß mit Wasser von constanter Temperatur taucht. Das Rohr B, welches bis zu einer bestimmten Höhe mit Quecksilber gefüllt ist, verengt sich unten und ist hier durch einen Hahn verschlossen. Fallen nun durch

die Oeffnung eines Schirmes Strahlen von irgend einer Wärmequelle auf die Kugel α, so wird auch die trockene Luft, welche das Gefäß A enthält, erwärmt, und diese Erwärmung wird sich durch eine Verschiebung des Index im Luftthermometer $\alpha\beta$ kund geben. Oeffnet man aber den Hahn C, so dehnt sich die Luft in A, welche infolge ihrer Erwärmung eine höhere Spannung besitzt, aus, treibt etwas Quecksilber aus und kühlt sich, indem die neu hinzugekommene Wärme in mechanische Arbeit verwandelt wird, soweit ab, daß auch dem Thermometer die vorher zugeführte Wärme wieder entzogen wird und der Index in die ursprüngliche Lage zurückkehrt. Die mechanische Arbeit der Wärme wird dann ausgedrückt durch die Formel

Fig. 23.



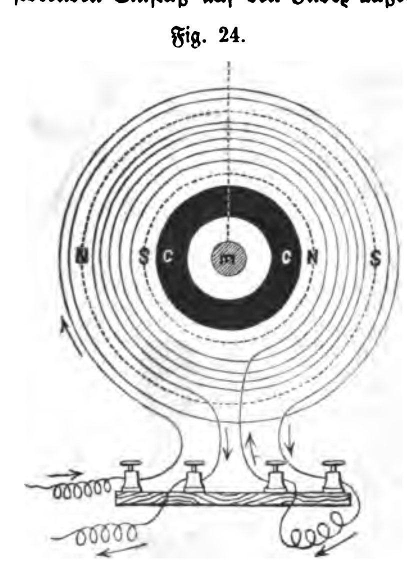
$$x = p_0 v_0 . \log \text{nat} \frac{v}{v_0},$$

in welcher p_0 und v_0 den ursprünglichen Druck und das ursprüngliche Volumen der Luft im Gefäß A darstellen, v aber das Volumen nach der Expansion bedeutet. Denken wir uns, daß eine Minute lang ein Büschel Sonnenstrahlen durch eine Oeffnung von einem Quadratcentimeter auf die geschwärzte Oberfläche von A fällt, und daß es dem Experimentator gelingt, durch sorgfältige Regulirung des Hahnes C den Index des Thermometers beständig genau auf derselben Stelle zu erhalten, so wird die ganze Sonnenwärme, die auf A fällt, durch isothermische Ausdehnung der Luft in mechanische Arbeit umgewandelt und die obige Formel giebt die sogenannte (uncorrigirte) Sonnen-Constante an.

Die Hauptschwierigkeit macht augenscheinlich das Thermometer. Dasselbe muß einmal im höchsten Grade empfindlich sein — bis auf einige Tausendtel eines Centigrades — zweitens aber müssen die Angaben desselben augenblicklich erfolgen, damit

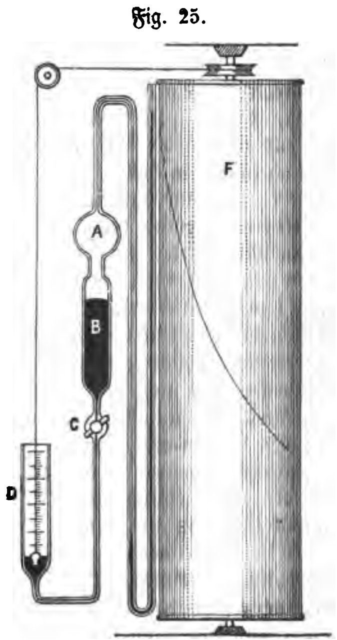
der Experimentator im Stand ist, die Expansion so zu reguliren, daß wirklich isotherme Ausdehnung stattfindet. Pettersson glaubte, daß nur zwei Arten von Thermometern diesen Anforderungen genügen, und versuchte zunächst ein Differential-Glasthermometer, wie Fig. 23 zeigt. Dieses erwies sich allerdings sehr empfindlich, beim Abnehmen des Druckes in A vergrößerte sich aber das Volumen der Kugel α ein wenig, was einen störenden Einfluß auf den Index äußerte. Darauf wurde eine Kette von sehr dünnen thermoelektrischen Elementen (Eisen und Argentan) in das Gefäß A eingesetzt und die Wärmeänderung mit Hilfe eines Spiegelgalvanometers beobachtet. Indessen erwies sich die Masse der Magnete in den gewöhnlichen Galvanometern viel zu groß für augenblickliche Angaben, weshalb Pettersson ein neues Galvanometer construirte, welches außerordentlich empfindlich und in Fig. 24 schematisch dargestellt ist. Die punktirten Linien stellen zwei concentrische ringförmige Stahl-Magnete dar, die aus Uhrfedern hergestellt sind, welche man zwischen den Polen eines kräftigen Plücker'schen Elektromagnets bis zur Sättigung magnetisirt hat. Sie sind in astatischer Weise mit einander verbunden an einem Faden aufgehängt, aber die Massen wurden so gewählt, daß der innere Magnet genügend überwiegt, um das System in den magnetischen Meridian zu stellen. Die isolirten Kupferdrahtwindungen gehen in concentrischen Kreisen um diese Magnete und im Innern der letzteren befindet sich zur Dämpfung ein massiver Kupferring CC. In der Höhlung des letztern ist endlich

Fig. 24.



der Spiegel m aus versilbertem Glas zur Ablesung angebracht. Die Empfindlichkeit des Apparates war so groß, daß auch die leiseste Abkühlung der Luft im Gefäß A, wie sie durch eine momentane Oeffnung des Hahnes C bewirkt wurde, sofort einen Ausschlag zur Folge hatte. Indessen war derselbe nur klein, und da die Schwingungen nicht augenblicklich aufhörten, so war die Anordnung für fortdauernde Beobachtungen ungeeignet. Pettersson gab daher den Plan, die isotherme Ausdehnung mit Hilfe eines Thermometers zu reguliren, gänzlich auf und ging zu der in Fig 25 dargestellten Anordnung über, welche bessere Resultate gab. Das Abflußrohr des Gefäßes B wurde unterhalb des Hahnes C U-förmig umgebogen und dann zu einem verticalen Cylinder D erweitert, in welchem das aus C ausfließende Quecksilber emporsteigt, wobei es einen kleinen Schwimmer hebt, dessen Bewegung in der in der Figur angedeuteten Weise eine der Ausdehnung der Luft in A proportionale Drehung des Cylinders F zur Folge hat. An das Gefäß A ist ferner ein Manometer angeschmolzen, dessen oben offener Schenkel dicht am Cylinder anliegt, ohne ihn aber zu berühren, so daß man genau sehen kann, ob der oberste Punkt der Flüssigkeit in diesem Schenkel, deren Höhe die Spannung der Luft im Gefäß A mißt, sich auf der auf der Papierhülle des Cylinders F aufgezeichneten Curve befindet, welche dieser Punkt bei genau isothermer Ausdehnung der Luft beschreiben würde. Aufgabe des Experimentators ist es also, den Abfluß des Quecksilbers durch den Hahn C so zu reguliren, daß der Endpunkt der Flüssigkeitssäule möglichst genau der Curve

Fig. 25.



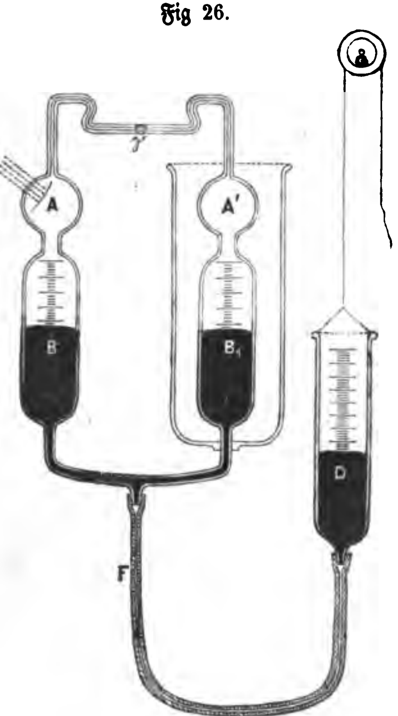
auf dem rotirenden Cylinder folgt. Wenn der Endpunkt die Tendenz hat, auf der Oberseite der Curve zu bleiben, so ist in A ein Ueberschuß von Wärme vorhanden, der in mechanische Arbeit umzusetzen ist; man muß daher den Ausfluß des Quecksilbers beschleunigen. Die Fläche, welche auf dem Cylinder zwischen der Anfangsordinate p_0 und der Endordinate p enthalten ist, giebt den Betrag der mechanischen Arbeit an, welche der transformirten Wärme äquivalent ist.

Mit Hilfe dieser Anordnung läßt sich die Transformation aller Arten von Wärme in mechanische Arbeit einem größeren Zuhörerkreise zeigen. Um einen recht großen Maßstab zu erhalten, wendet Petersson als Flüssigkeit für das Manometer mit Indigo gefärbte Schwefelsäure an. Der rotirende Cylinder hat ungefähr 2 m Höhe, und eine Wärmemenge von nicht mehr als 8·76 Gramm-Calorien die der Luft in A mitgetheilt wird, bewirkt eine Drehung des Cylinders um 360°, wobei die Flüssigkeit im Manometer um 1·84 m sinkt. Das ursprüngliche Volumen der Luft in A betrug 400 ccm und die Anfangsspannung 1 m Quecksilbersäule. Für wissenschaftliche Messungen ist indessen dieser Demonstrationsapparat nicht zu empfehlen: die Schwefelsäure adhärirt nämlich an der Glasröhre und nimmt ihren endlichen Stand nicht mit einem Mal ein, die Dimensionen des Apparates werden unbequem groß und die Coordinaten p auf dem Cylinder können nicht genau dem Boyle-Mariotte'schen Gesetz entsprechend abgetragen werden, sondern es müssen noch einige Correcturen angebracht werden, die vom Druck der Luft auf die Flüssigkeitssäulen in D und im Manometer herrühren.

Ein Calorimeter, welches die Bedingung der isothermen Ausdehnung in einfachster Weise erfüllt und dabei die genauesten Messungen gestattet, ist in Fig. 26 dargestellt. A und A' sind Gefäße aus sehr dünnem Glase von gleicher Gestalt und Größe. Dieselben sind von Franz Müller in Bonn gefertigt. Beide enthalten trockene Luft über Quecksilber, das in B und B_1 gleich hoch und durch ein Kautschukrohr mit dem graduirten Glascylinder D in Verbindung steht, welcher mittels der in der Figur angedeuteten Anordnung oder auf andere Weise gehoben und gesenkt werden kann. Jede Hebung oder Senkung von D bewirkt nun eine Verdichtung oder Verdünnung der Luft in A und A', und zwar in beiden Gefäßen in gleichem

Grade, falls die Temperaturen in beiden gleich sind. In A' wird dieselbe durch die umgebende große Wassermasse auf gleicher Höhe erhalten, und die in A' enthaltene Luft ändert daher ihr Volumen isotherm. Regulirt man nun die Stellung des Cylinders D derart, daß der Index γ in dem Capillarrohr, welches die Gefäße A und A' verbindet, immer an derselben Stelle bleibt, so erfolgt auch in A die Volumenänderung der Luft isothermisch. In A bringt Petersson ein Stück dünner Platinfolie an, das zunächst auf galvanischem Wege mit einer dünnen Kupferschicht überzogen und dann in einem Sauerstoffstrom erhitzt worden ist. Auf dieses Plättchen fallen die von irgend einer Wärmequelle kommenden Strahlen, wodurch dann die Luft in A erwärmt wird. Bei dem Petersson'schen Apparat bewirkt schon eine Erwärmung um 0·0016 Centigrad eine Verschiebung des Index um 1 mm, und diese große Empfindlichkeit ermöglicht es dem Experimentator, die Temperatur auf gleicher Höhe zu erhalten und alle Wärme in mechanische Arbeit umzuwandeln. Es erfordert allerdings eine geübte Hand, um die Schwankungen des Index während einer Dauer des Experimentes von einigen Minuten innerhalb der Grenzen von 1 bis 2 mm zu erhalten. Als Index verwendet Petters-

Fig 26.



son einen kleinen Tropfen gefärbten Alkohols; Schwefelsäure würde weit weniger empfindlich sein. Den obern Theil von A' hat er übrigens auch aus dünnem Kupfer statt aus Glas hergestellt und gute Resultate erhalten. Von A muß während des Versuchs aller störende Wärmezufluß durch isolirende Schirme ꝛc. abgehalten werden.

Als Beleg für die Genauigkeit seiner Methode führt Pettersson zwei Bestimmungen der strahlenden Wärme eines um 22·5 cm von A entfernten Regulir-Gasbrenners an. Die Strahlen fielen durch eine Oeffnung von 4·5 . 2·5 cm auf A, in welchem Gefäß sich anfangs 622·22 ccm Luft befanden; die Spannung betrug 760 mm. Beim ersten, mittags gemachten Versuch ergab sich das mechanische Aequivalent der Strahlung während 6 Minuten = 1·680 mkg, also in einer Minute = 0·280 mkg; beim zweiten, am Nachmittag desselben Tags angestellten Versuche ergaben sich in 5 Minuten 1·459 mkg, also in einer Minute 0·291 mkg. Die Volumenzunahme betrug beim ersten Versuche 185·9 ccm, beim zweiten 158·5 ccm. Wie man sieht, beträgt der Unterschied der beiden Resultate nur ungefähr 4 Procent, und dabei ist die Constanz der Wärmequelle nicht ganz sicher, weil eine längere Zwischenzeit zwischen den beiden Versuchen lag. Pettersson hat übrigens auf solche Weise Strahlungen gemessen, deren calorische Energie nur 0·08 einer Gramm-Calorie betrugen. Uebrigens macht derselbe darauf aufmerksam, daß sich sein Calorimeter auch zur Bestimmung der specifischen Wärme ꝛc. benutzen lasse, wenn man ein dünnes Proberöhrchen hermetisch in A einsetzt; indessen hat er noch keinen derartigen Apparat hergestellt.

Wasser und Eis.

Ueber die Eigenschaften des Wassers und des Eises, besonders des aus salzhaltigem Wasser gebildeten, enthalten die Veröffentlichungen der Vega-Expedition höchst interessante Mittheilungen.

Das Eis des Polarmeeres kann man nach Nordenskiöld in folgende Classen theilen:[1])

1. Eisberge, bis 100 m über das Wasser emporragend,

---

1) Die Umsegelung Asiens und Europas auf der Vega. I, S. 382.

Flächeninhalt bis zu mehreren Quadratkilometern; sie stranden auf 2 bis 300 m Tiefe. Im nördlichen Polarmeer lösen sich dieselben nur von den Gletschern von Grönland und (nach Payer) Franz-Joseph-Land ab, jedoch nicht, wie bisweilen angegeben wird, von Gletschern, die in das offene Meer hinausragen und mit einem steilen Rand abschließen, sondern von sehr unebenen Gletschern, die lange, bevor sie das Meer erreichen, in Eisberge zersplittert sind und stets im Innern tiefer Fjorde münden. Nordenskiöld weist nachdrücklich darauf hin, daß Eisberge sich nur da bilden, wo eine heftige Bewegung der Eismassen stattfindet, welche wiederum ihrerseits in verhältnißmäßig kurzer Zeit die Ausgrabung eines tiefen Eisfjords zur Folge hat.

2. Gletscher-Eisblöcke, oft wohl auch als „Eisberge" bezeichnet, sind von den wirklichen Eisbergen nicht nur durch ihre Größe, sondern auch durch ihre Entstehungsweise verschieden. Sie sind über 30 bis 40 m mächtig, ragen nur ausnahmsweise über 10 m aus dem Wasser und entstehen durch Abbrechen von Gletschern, welche mit einem geraden und gleich hohen, steilen Rande in das Meer vorstehen, wie solche an den Küsten Spitzbergens und Grönlands in Menge vorkommen. Das Gletschereis zerfällt leicht ohne merkbare Ursache in kleinere Stücke; es ist voll Blasen, welche zusammengepreßte Luft enthalten, die beim Schmelzen des Eises ihre verdünnte Hülle unter prasselndem Geräusch zersprengt. Barents berichtet, daß am 20./10. August 1596 ein an der Nordküste von Nowaja Semlja auf dem Grund sitzen gebliebener Block, an dem sein Schiff verankert war, plötzlich unter schrecklichem Getöse in Hunderte von kleinen Stücken zersprang, und Aehnliches hat auch, nur in kleinerem Maßstabe, Nordenskiöld selbst mehrfach erlebt. Es scheint dies eine Folge des starken Druckes zu sein, dem der Block im Gletscher ausgesetzt war und der aufhört, nachdem er ins Meer gefallen. Man würde es also gleichsam mit einem großen Bologneser Tropfen zu thun haben. Das Gletschereis ist gewöhnlich blau von Farbe und giebt beim Schmelzen ein reines, salzfreies Trinkwasser; finden sich im Schmelzwasser bisweilen Spuren von Salz, so rührt dies wohl vom Bespritzen des Gletschers mit Meerwasser bei heftigen Stürmen her.

3. Eisstücke von dem im Winter an Meeres- und Fluß-

usern gebildeten Eisfuß, aus schmutzigem mit Erde vermischtem Eis bestehend, mitunter 5 bis 6 m über den Wasserspiegel emporragend.

4. Flußeis, kleine ebene Eisfelder, so zerfressen bei der Ankunft im Meer, daß sie bald zerschmelzen.

5. Das Buchteneis der Fangmänner, in Fjorden und Buchten an der Küste gebildete und dort einer frühen Sommerwärme ausgesetzte ebene Eisfelder, nicht sehr zusammengepreßt und im Sommer vollständig schmelzend. Nach dem Verschwinden des Schnees auf der Oberfläche sieht man wenig von diesem dem Wasser ähnlich gefärbten Eise, während unterm Wasser noch bedeutende ungeschmolzene, harte Theile vorhanden sein können. Dies hat die Fangmänner zu der Behauptung veranlaßt, daß das Eis im Herbst durch Untersinken verschwindet.

6. Das Meereis der Fangmänner, starkes Eis mit Spuren starker Pressung, das keiner frühen Sommerwärme ausgesetzt gewesen, von Norden herunter getrieben, schwerlich auf offenem Meere gebildet, wie der Name wohl andeuten soll, wahrscheinlicher von den Umgebungen eines noch unbekannten Polarcontinents stammend. Dasselbe bildet die Hauptmasse der Eisfelder in den Meeren östlich von Grönland, nördlich von Spitzbergen, zwischen Spitzbergen und der Nordinsel von Nowaja Semlja, sowie nördlich von der Beringstraße. Da es in den nördlichen Meeren während des kurzen Sommers nicht vollständig wegschmilzt, so bilden oft Reste von altem Meereis Bestandtheile des im nächsten Winter neugebildeten, das dann höckerig und uneben wird. Oft ist auch das Meereis zu mächtigen „Torossen" oder Eisaufwürfen zusammengeschoben, welche sich allmählich abrunden und nebst Gletscher-Eisblöcken die Hauptmasse des Grundeises an den Küsten der Polarländer bilden. Beim Schmelzen giebt das Meereis ein nicht ganz salzfreies Wasser; der Salzgehalt nimmt aber ab mit zunehmendem Alter.

Der Salzgehalt desjenigen Theiles des Arktischen Meeres, den die „Vega" besuchte, ist von einem Ort zum andern sehr verschieden. Die großen Ströme Sibiriens schicken beständig süßes Wasser ins Meer, welches sich auf der Oberfläche des Salzwassers bis auf beträchtliche Entfernung vom Ufer ausbreitet. Dem Ufer nahe ist die Schicht mächtiger, überall aber,

wo die Tiefe 30 bis 40 m übersteigt, findet man zu unterst das dichtere Seewasser, und die beiden Schichten mischen sich fast nicht. So wurden am 3. August 1881 am Bord des „Willem Barents" im Karischen Meere beobachtet

in einer Tiefe	die Temperatur	die Dichte
von 0 Faden	+ 8·2° C	1·006
1 "	+ 6·2 "	1·009
2 "	+ 1·7 "	1·020
3 "	— 1·0 "	1·0236
5 "	— 1·5 "	1·0247.

Während also an der Oberfläche und noch in 1 Faden Tiefe warmes Süßwasser angetroffen wird, ist in 2 Faden Tiefe kaltes arktisches Oceanwasser vorhanden.[1])

Die Verschiedenheit des Wassers, aus welchem in der Winterkälte Eis gebildet wird, hat nun Otto Petersson veranlaßt, die Verhältnisse beim Gefrieren zu untersuchen erstens bei reinem, destillirten Wasser, sodann bei Brackwasser mit geringem Salzgehalt, und endlich bei Meerwasser von gewöhnlichem Salzgehalt. Bezüglich des salzhaltigen Wassers waren vor Petersson keine quantitativen Untersuchungen vorhanden, und die von ihm erhaltenen Resultate sind daher in der Hauptsache neu. Bezüglich des destillirten Wassers sind allerdings umfassende Untersuchungen von Plücker und Geißler vorhanden; während aber Petersson den von ihnen gefundenen mittlern Werth des Ausdehnungs-Coëfficienten des Eises in der Nähe des Gefrierpunktes durch seine Untersuchungen bestätigt fand, machte er zugleich die merkwürdige Entdeckung, daß das Volumen des Eises in der Nähe des Gefrierpunktes mit wachsender Temperatur abnimmt, und die Versuche mit brackigem und mit Salzwasser zeigten, daß diese Anomalie um so entschiedener zu Tage tritt, je größer der Salzgehalt des Wassers ist, aus dem das Eis sich gebildet hat.

Das Dilatometer, dessen sich Petersson zu dieser Untersuchung bediente, bestand in einem Glasgefäß von 41 ccm Inhalt. Das zu untersuchende Wasser wurde darin zum Ge-

---

1) Buchanan, On the Properties of Water and Ice, in Nature XXVIII, p. 417.

frieren gebracht, so daß es einen Eiscylinder bildete, der von Quecksilber umgeben war. Bei einer Volumenvermehrung stieg das letztere in einer Capillarröhre, wodurch die Messung der Ausdehnung möglich war. Wenn der Eiscylinder sich gebildet hatte, wurde das Instrument in ein Quecksilberbad getaucht und nun verschiedenen Temperaturen ausgesetzt, entweder mit Anwendung von Frostmischungen oder indem man es im Winter an die freie Luft brachte. Die Genauigkeit des Resultates hängt begreiflicherweise von der zuverlässigen Kenntniß der Ausdehnung des Quecksilbers ab, und diese letztere ist nicht ganz unveränderlich. Um nun den Einfluß der Veränderungen des Ausdehnungs-Coëfficienten des Quecksilbers auf ein Minimum zu reduciren, bediente sich Pettersson eines von Plücker und Geißler angegebenen Kunstgriffes, der darin besteht, die Volumina von Glas und Quecksilber umgekehrt proportional ihren Ausdehnungs-Coëfficienten zu nehmen. In der That, ist 0·000028 der Ausdehnungs-Coëfficient des Glasgefäßes, 0·000181 der des Quecksilbers, und bringt man in ein Glasgefäß von 18·1 ccm Inhalt 2·8 ccm Quecksilber, so beträgt der übrig bleibende Raum bei einer beliebigen Temperatur

$$18{\cdot}1(1+0{\cdot}000028\,.\,t)-2{\cdot}8(1+0{\cdot}000181\,.\,t)=18{\cdot}1-2{\cdot}8.$$

Zu den Versuchen mit destillirtem Wasser wurde erst Wasser aus dem Vorrathsgefäß des Laboratoriums genommen, das in geringem Maße chlorhaltig war, wie der opalisirende Schein auf Zusatz von Silbernitrat erkennen ließ. Indem dasselbe von — 20° C an erwärmt wurde, dehnte es sich beständig aus, bis zwischen — 0·35° und — 0·25° die Ausdehnung in eine Zusammenziehung überging. Bei 0° trat Schmelzung ein. Zwei andere Versuchsreihen wurden mit wiederholt destillirtem Wasser angestellt; bei dem einen, das nur kürzere Zeit gekocht hatte, lag der Umkehrpunkt zwischen — 0·05° und — 0·03°, bei der zweiten Probe aber zwischen — 0·15° und — 0·03°. Wahrscheinlich hatte das letztere Wasser bei dem längeren Kochen geringe Mengen von Bestandtheilen des Glases aufgenommen, in welchem das Kochen erfolgt war, obwohl die chemische Analyse solche nicht erkennen ließ.

Der Punkt, bei welchem sich das aus reinstem Wasser hergestellte Eis zusammenzuziehen begann, liegt allerdings so nahe

an dem Schmelzpunkte, daß man nicht ganz sicher für die Richtigkeit des Resultates einstehen kann. Andererseits würde es aber auch gewagt erscheinen, wollte man behaupten, daß Eis aus völlig reinem Wasser sich bis zu seinem Schmelzpunkte 0° beständig ausdehnt, und daß jene Umkehr nur dem Eis aus unreinem Wasser eigen ist.

Die Versuche mit Salzwasser-Eis zeigten nun, daß der Umkehrpunkt, bei welchem mit steigender Temperatur die Ausdehnung in Zusammenziehung übergeht, umsoweiter vom Nullpunkt entfernt liegt, je größer der Salzgehalt ist.

Bei Eis, das der Ostsee bei Wisby entnommen war und zerschmolzen ein specifisches Gewicht von 1·0003 sowie einen Chlorgehalt von 0·014 Procent zeigte, begann die Contraction zwischen —4° und —2°; Eis aus dem Kattegat dagegen, dessen Schmelzwasser 0·273 Proc. Chlor enthielt, fing zwischen —14° und —13° an sich zusammenzuziehen; endlich bei Eis aus dem Arktischen Ocean, mit einem specifischen Gewicht des Wassers von 1·0094 und 0·649 Procent Salzgehalt, zeigte sich schon bei —19° Zusammenziehung.

Aus diesen Resultaten geht hervor, daß diejenige Quantität Eis, welche geschmolzen 1 ccm Wasser liefert, bei einer bestimmten Temperatur, z. B. bei —15° ein um so geringeres Volumen besitzt, je größer der Salzgehalt ist. Uebrigens ist die Volumenveränderung des Salzwassereises bei Temperaturänderungen unterhalb 0° eine außerordentlich große: das Eis aus dem Kattegat dehnt sich zwischen —2° und —3° um 0·0039 aus, Eis aus dem Arktischen Ocean zwischen —4·4° und —6·4° um 0·0029. Durch diese gewaltige Ausdehnung erklärt sich auch der von den Nordpolfahrern so gefürchtete Druck des Eises und das beständige Entstehen von Sprüngen in demselben. Das Eis, welches sich beim Gefrieren des Seewassers bildet, ist überhaupt ganz verschieden von dem auf der Oberfläche unserer Gewässer entstehenden. „Das neue Eis", schreibt Pettersson, welches entsteht, wenn die ruhige Oberfläche des Arktischen Oceans plötzlich gefriert, ist eine zähe Substanz, welche durch äußeren Druck gebogen und gefaltet werden kann, ohne zu zerbrechen. Obwohl es stark genug sein mag, einen Mann zu tragen, so ist es doch so plastisch, daß ein Fußtritt einen tiefen Eindruck in der formbaren Masse macht." In ähnlicher Weise

charakterisirt Dr. Snellen, der Vorstand der „Varna-Expedition“ das Arktische Meerwasser-Eis:[1]) „Sinkt die Temperatur unter 0°, so wird ein Theil des Wassers fest, es bilden sich Krystalle, das Meer bedeckt sich mit einem filzigen Gewebe solcher Krystalle, die Zwischenräume enthalten concentrirtere Lösungen. Bei weiterem Sinken der Temperatur scheiden sich immer mehr Krystalle aus, die Lösung wird immer concentrirter, das Eis immer fester, aber lederartig, welche Eigenschaft indeß mit fallender Temperatur mehr und mehr schwindet. Salzwassereis von 5 bis 6 cm bricht noch ein wenig durch, Süßwassereis trägt Pferd und Wagen. Die Biegsamkeit ist überraschend: wenn zwei Schollen alten Eises, die sich in jungem Eise umhertreiben, sich nähern, so wird es gebogen und erhebt sich wie eine Brücke über dem Wasser ohne zu brechen.“

Bei dem großen Einflusse, den der Salzgehalt des Wassers auf die physikalische Beschaffenheit des Eises übt, erscheint es von Wichtigkeit, zu entscheiden, ob das Salz einen Bestandtheil des Seeeises bildet oder nicht. Bisher hatte man im Allgemeinen das Letztere angenommen. Scoresby schreibt hierüber:[2]) „Obgleich ich nie im Stande gewesen bin, aus dem Wasser des Oceans auf dem Wege des Experiments ein compactes, durchsichtiges oder salzfreies Eis zu erhalten, so ist es doch sehr wahrscheinlich, daß das im Eis zurückbleibende Salz von Seewasser herrührt, das sich in den Poren befindet; und zur Bekräftigung dieser Ansicht mag darauf hingewiesen werden, daß, wenn ganz neues und äußerst poröses Eis in die Luft gebracht wird und man läßt es einige Zeit bei einer Temperatur von 32° (Fahrenheit = 0° C) oder darüber trocknen und wäscht es dann mit süßem Wasser, man es fast gänzlich salzfrei finden wird und das daraus erhaltene Wasser getrunken werden kann.“

Während der Challenger-Expedition hat J. Y. Buchanan einige Experimente angestellt, um die Frage zu entscheiden, ob Seewasser-Eis ein Gemeng von reinem Eis mit Seewasser oder Mutterlauge ist oder nicht. Es wurde zu dem Zwecke der Schmelzpunkt von Salzwasser-Eis verschiedener Herkunft sorgfältig beobachtet, wobei sich Folgendes ergab.

1) Das Ausland. 1884, S. 15.
2) „An Account of the Arctic Regions“ (1820), I, p. 230.

Eis, das sich über Nacht in einem mit Seewasser gefüllten Eimer gebildet hatte, schmolz bei — 1·3° C, und zwar blieb diese Temperatur 20 Minuten lang constant, worauf keine weitern Beobachtungen angestellt wurden.

Frisch aus dem Meere genommenes Packeis begann bei — 1° C zu schmelzen, nach 20 Minuten aber war das Thermometer auf — 0·9° gestiegen und 2½ Stunden später zeigte es — 0·3° an, nachdem es ungefähr eine Stunde lang beständig — 0·4° angegeben hatte. Bei einer andern Probe Eis ging das Steigen der Temperatur rascher von statten, und als drei Viertel des Eises geschmolzen waren, stand das Thermometer auf 0° C. Ob das im Kübel gebildete Wasser bei weiterer Beobachtung ähnliche Unregelmäßigkeiten gezeigt haben würde wie Packeis, läßt sich natürlich nicht mit Gewißheit entscheiden. Da aber die Quantität dieses Eises nicht viel über 10 ccm betrug, so war sicher der größte Theil desselben in den erwähnten 20 Minuten geschmolzen.

Da nun anhaftende Lauge den Schmelzpunkt des Eises nicht ändern kann, so muß Seewasser-Eis bei 0° C schmelzen, sofern es aus reinem Eis, gemischt mit Salzwasser, besteht. Wenn aber sein Schmelzpunkt von 0° verschieden ist, so ist die feste Masse des Eises nicht reines Eis. Gefrorenes Seewasser hat, wie die Versuche gezeigt haben, einen Schmelzpunkt von — 1·3°, welcher ziemlich constant bleibt, und Packeis, das nothwendigerweise durch Gefrieren des Salzwassers, Erstarren von Sprühwasser und Anhäufung von Schnee gebildet worden, beginnt bei ungefähr — 1° zu schmelzen, indem sich die Temperatur allmählich erhöht in dem Maße, wie Bestandtheile von höherem Schmelzpunkt flüssig werden. Auf diese Weise ist es auch erklärlich, daß Scoresby durch Schmelzen von Eis, das er bei einer Temperatur von 32° F. oder darüber getrocknet und dann gewaschen hatte, ein trinkbares Wasser erhielt.

Zu der gleichen Ansicht wie Buchanan ist nun auch Pettersson gelangt. „Diejenigen", schreibt er, „welche der gewöhnlichen Theorie gemäß annehmen, daß das Seeeïs an sich selbst ganz salzfrei ist und nur mechanisch eine gewisse Menge ungefrornes concentrirtes Seewasser einschließt, müssen zugeben, daß wir in diesem Falle bei der chemischen Analyse genau das-

selbe Verhältniß zwischen Chlor, Magnesia, Kalkerde, Schwefelsäure rc im Eis, wie in der Lauge und im Seewasser finden müssten.“ Dies ist aber nicht der Fall, denn es wurde beispielsweise das Verhältniß von Chlor zu Schwefelsäure in Seewasser-Eis zwischen 100:12·8 bis 100:76·6 schwankend gefunden, während das Verhältniß im Seewasser durchschnittlich 100:11·88 ist. Durch das Gefrieren wird das Seewasser in zwei salzhaltige Theile geschieden, einen flüssigen und einen festen, die aber verschiedene chemische Zusammensetzung haben. Nimmt man das Verhältniß zwischen Chlor und Schwefelsäure als Maßstab der Vergleichung, so besteht die Haupteigenthümlichkeit beim Gefrieren darin, daß das Eis reicher an Sulfaten, die Lauge reicher an Chloriden wird. Die außerordentlichen Schwankungen im Salzgehalt überhaupt, wie in der chemischen Zusammensetzung in einer jeden einzelnen Probe von Seewasser-Eis und Seelauge, welche die Analysen nachweisen, ist Folge eines secundären Vorganges, bei welchem das Eis seinen Gehalt an Chloriden mehr und mehr zu verlieren, aber seine Sulfate zurückzuhalten scheint. Es erklärt sich dies auch leicht aus der folgenden Tabelle, welche Pettersson den Untersuchungen Guthrie's über Kryohydrate entnommen hat:

Das Kryohydrat	enthält Proc. Wasser	gefriert bei
von $Na\,Cl$	76·39	— 22° C.
$Ka\,Cl$	80·00	— 11·4 „
$Ca\,Cl_2$	72·00	— 37 „
$Mg\,SO_4$	78·14	— 5·0 „
$Na_2\,SO_4$	95·45	— 0·7 „

Nimmt man an, daß diese Kryohydrate durch Gefrieren von Seewasser entstanden sind, so sieht man, daß bei steigender Temperatur zuerst die Chloride ausschmelzen und daß auf diese Weise das Eis weicher und reicher an Sulfaten wird. Der Chlorgehalt des Eises giebt also keinen Maßstab ab für den Salzgehalt desselben überhaupt, wohl aber gestattet er bis zu einem gewissen Grade einen Schluß auf das Alter desselben. Infolge der Verschiedenheit des Schmelzpunktes der verschiedenen Kryohydrate werden die krystallisirten Bestandtheile des See-Eises einer nach dem andern von der Zersetzung ergriffen, selbst noch ehe der Arktische Sommer die Fesseln gesprengt, welche

die Eisbank an ihre Geburtsstelle binden. Der Rest, der in diesen hohen Breiten nicht von der Umwandlung erreicht werden kann, nämlich das reine Eis und die dauerhaftesten Kryohydrate, wird von der mechanischen Gewalt des Eisstromes erfaßt, der die Skelette des Polareises in niedrigere Breiten führt, wo sie sich wieder vereinigen mit den Gewässern in diesen wärmern Theilen des Oceans. Da diese nach südlicheren Breiten treibenden Eismassen einen höhern Gehalt von Sulfaten besitzen, die sie beim Schmelzen an das Wasser des Oceans abgeben, so erklärt es sich, daß letzteres seinen größten Gehalt an Sulfaten zwischen Grönland und Norwegen südlich vom Polarkreis, und zwar an der Oberfläche besitzt.

Nächst der Entdeckung der Contraction, welche das Eis unterhalb seines Schmelzpunktes erleidet, wenn es nicht völlig rein, ist am bemerkenswerthesten das Resultat, zu welchem Pettersson gelangt ist bei seinen Untersuchungen über die latente Wärme, die beim Gefrieren von Seewasser entwickelt wird. Es ergab sich nämlich, daß diese Wärme sehr viel geringer ist, als diejenige, welche beim Gefrieren von reinem Wasser frei wird. Außerdem ist auch die latente Wärme des Seewassers bei niedrigen Temperaturen bedeutender als nahe dem Schmelzpunkte. Die latente Wärme, welche beim Gefrieren des Seewassers entwickelt wird, ist aber zweifellos von großem Einfluß auf die Verhältnisse der Arktischen Meere und das Klima der Arktischen Gegenden. Wenn das Wasser des Oceans infolge des Sinkens der Temperatur zu gefrieren beginnt, so ist die latente Wärme, welche dabei entwickelt wird, viel geringer, als die beim Gefrieren von Süßwasser entwickelte; aber der Prozeß des Gefrierens ist damit noch nicht beendigt. Denn beim weitern Sinken der Temperatur gefrieren allmählich auch die bis dahin noch nicht gefrorenen Kryohydrate, wobei immer größere Wärmemengen frei werden, bis schließlich bei hinreichend niedriger Temperatur die ganze Masse der Eisbank ein fester Felsen von krystallisirter Substanz ist. Beim Steigen der Temperatur wird umgekehrt eine dieser Substanzen nach der andern schmelzen, dabei Wärme absorbirend. So werden also die thermischen Vorgänge in der Eismasse bis zu einem gewissen Grade dem Einflusse plötzlicher Aenderungen in der Temperatur der Atmosphäre entgegenwirken.

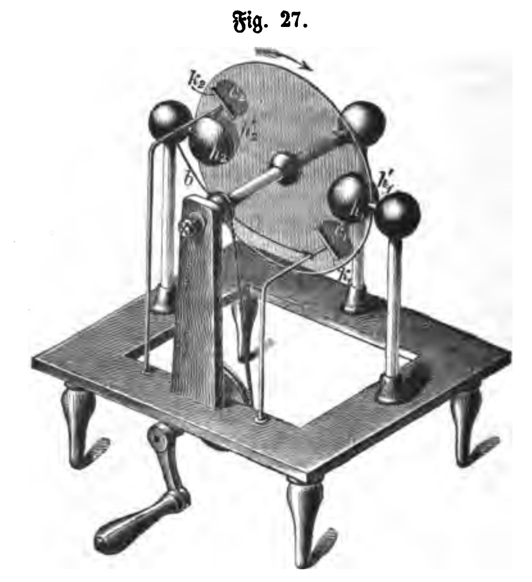
Elektricität und Magnetismus.

Erregung und Entladung der Elektricität.

Von neueren Apparaten zur Erregung von Elektricität möge hier zuerst

die Influenzmaschine Erwähnung finden, welche Professor Fr. Fuchs in Bonn durch den Mechaniker Liebertz

Fig. 27.



daselbst hat construiren lassen.[1]) Dieselbe hat mit den früher von Varley und Thomson angegebenen Influenzapparaten die zur Aufspeicherung der Elektricität dienenden Hohlkörper, mit denen von Holz aber die rotirende Glasscheibe gemeinsam.

Bei der Fuchs'schen Maschine (Fig. 27) rotirt nämlich die Glasscheibe zwischen zwei einander diametral gegenüberstehenden Paaren von Halbkugelschalen, h_1 und h_1' auf der einen, h_2 und h_2' auf der andern Seite. Jedes Paar ist auf

1) Ztschr. f. Instrumentenkunde. Juli 1884, S. 225.

einer Glassäule angebracht, die zur bequemern Befestigung der Theile am obern Ende eine Holzkugel trägt. Die Halbkugelschalen sind inwendig mit Spitzen versehen, die nicht ganz bis zur Ebene des Randes reichen; ferner sind die Halbkugeln eines Paares unter sich und mit einer Metallscheibe, c_1 auf der einen und c_2 auf der diametral gegenüberstehenden Seite der Scheibe, leitend verbunden, und diesen Metallscheiben gegenüber stehen auf der Vorderseite der Glasscheibe die Kämme k_1 und k_2, die durch den Draht b mit einander verbunden sind. Die beiden Conductorensysteme $h_1 h_1' c_1$ und $h_2 h_2' c_2$ stehen mit zwei verschiebbaren Elektroden in Verbindung, deren kugelförmige Enden beständig um die Funkenstrecke von einander entfernt bleiben, wenn man nicht eine Umladung des Apparates beabsichtigt. Ebenso kann man auch in der Kammleitung ein Elektrodenpaar anbringen, und man kann dann die Funken beliebig in der einen oder der andern Leitung oder auch in beiden gleichzeitig überschlagen lassen.

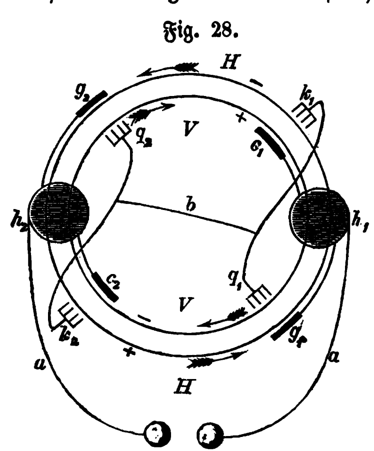
Um die Maschine in Gang zu setzen, wird die Scheibe in der Richtung des Pfeiles gedreht und gleichzeitig dem Conductorensystem $h_1 h_1' c_1$ durch Berührung mit einem Elektrophordeckel eine positive Ladung ertheilt. Es fließt dann aus dem Kamme k_1 negative und aus k_2 positive Elektricität auf die Vorderseite der Scheibe, welche daher in der untern Hälfte negativ, in der obern positiv elektrisch wird. Die positive Ladung wird von den Spitzen der Halbkugel h_1 aufgenommen, die negative von den Spitzen von h_2.

Der Apparat gab anfangs im Zwischenraum der Conductorenleitung zwar einen sehr reichlichen Funkenstrom, aber nur im Abstand von ungefähr 2 cm. Die Ursache hiervon ergab sich durch Beobachtung im Dunkeln: es ging nämlich von den Metallscheiben c_1 und c_2 ein kräftiger Strom auf die Hinterseite der Scheibe über, der natürlich die Ladung der Conductoren bedeutend schwächte. Deshalb wurden die beiden Metallscheiben auf große Glasplatten aufgekittet und am Rand mit Siegellack isolirt. Das Uebergehen der Elektricität wurde dadurch zwar nicht vollständig beseitigt, aber doch die Funkenlänge auf 5 cm erhöht.

Außer dieser Maschine hat Fuchs noch eine andere, mit zwei in entgegengesetzter Richtung rotirenden Scheiben aus-

führen lassen, deren Anordnung aus dem Schema Fig. 28 ersichtlich ist. H ist die hintere, V die vordere der beiden dicht bei einander stehenden Scheiben, die in den durch die Pfeile angedeuteten Richtungen rotiren. Sie bewegen sich in den Ausschnitten der beiden innen mit Spitzen versehenen Hohlkugeln h_1 und h_2, deren jede mit zwei Metallscheiben, c_1 und g_1 einerseits, c_2 und g_2 andererseits in Verbindung steht; diesen Metallscheiben stehen die Kämme k_1 und q_1, k_2 und q_2 gegenüber, von denen die beiden ersten und ebenso die beiden letzten durch einen Bügel verbunden sind; die beiden Bügel stehen wieder durch die Kammleitung b in Verbindung, während von den Hohlkugeln aus die Conductoren a gehen, welche mit kugelförmigen Enden versehen sind.

Fig. 28.



Hat nun die Hohlkugel h_1 eine positive Ladung empfangen, so strömt aus k_1 und q_1 negative, aus k_2 und q_2 positive Elektricität auf die Scheiben. Es wird infolgedessen, von den Kämmen an gerechnet, die obere Hälfte der vordern und die untere Hälfte der hintern Scheibe positiv, dagegen die untere Hälfte der vorderen und die obere der hinteren negativ. Da die zuerst genannten Scheibentheile sich gegen h_1, die zuletzt genannten gegen h_2 hin bewegen, so werden die Hohlkugeln jetzt von zwei Seiten her mit Elektricität gespeist, h_1 mit positiver, h_2 mit negativer.

Einer späteren Mittheilung[1]) von Fuchs zufolge liefert diese Maschine eine sehr große Elektricitätsmenge, und bei einem Abstand der beiden Kugeln der Leitung aa von 2 bis 3 cm ist der Funkenstrom fast continuirlich, während bei größerem

---

1) Ztschr. f. Instrumentenkunde, Mai 1885, S. 163.

Abstande die Funken mit starkem Geräusch in sehr rascher Folge überspringen. Die Schlagweite ist je nach der Witterung verschieden, beträgt aber gewöhnlch 4 bis 5 cm und kann durch Einschaltung einer Leidner Flasche, deren äußere Belegung zur Erde abgeleitet ist, bis auf etwa 8 cm gesteigert werden. Wird nicht die Hohlkugel-, sondern die Kammleitung unterbrochen, so beträgt die Schlagweite nur ungefähr 2 cm.

Unter den verschiedenen neuen galvanischen Elementen erwähnen wir zuerst dasjenige des Dr. C. Pabst in Stettin (Deutsches Reichs-Patent Nr. 23994), dessen Haupteigenthümlichkeit darin besteht, daß zur Polarisation der Kohlenelektrode der Sauerstoff der atmosphärischen Luft benutzt wird.[1]) Die Elektroden bestehen entweder aus Kohle und Eisen oder aus Kohle und Zinn, und als Erregungsflüssigkeit wird eine wässrige Lösung der Chlorverbindungen der genannten beiden Metalle benutzt. Durch den Einfluß der Metallelektrode wird nun die höhere Chlorverbindung in die niedere verwandelt, welche dann Sauerstoff aus der Luft aufnimmt.

Bei Kohle-Zinn besteht die Erregungsflüssigkeit aus einer 10 procentigen Eisenchlorid-Lösung, bei Kohle-Eisen aus einer 8 procentigen Eisenchlorid-Lösung mit Zusatz von 4 Procent Zinnchlorid; in beiden Fällen wird noch 1/4 Procent Borsäure zur Verhütung allzuheftiger Erregung beigegeben.

Die elektromotorische Kraft dieses Elementes beträgt 0·78 Volt, der innere Widerstand ist gering, die Wirkung sehr constant; es scheint sich dasselbe deshalb besonders zur elektrischen Beleuchtung für häusliche Zwecke zu eignen.

P. Jablochkoff hat die lebhafte Oxydation, welche die Alkalimetalle an der atmosphärischen Luft erleiden, zur Herstellung eines Elementes von großer elektromotorischer Kraft benutzt.[2]) Als negative Elektrode dient eine dünne Platte von Kalium oder gewöhnlicher von Natrium, welche gegen eine Kohlenplatte gepreßt wird; zwischen beiden befindet sich ein Blatt Papier oder sonst eine dünne, poröse oder hygroskopische Substanz. Damit nur diejenige Luft wirke, welche durch die Kohle dringt, sind alle Flächen des Metalles mit Ausnahme derjenigen, welche

1) Elektrotechn. Ztschr., Mai 1884, S. 234.
2) Elektrotechn. Ztschr., Mai 1884, S. 234.

der Kohle zugekehrt ist, mit einem Firniß überzogen. Statt dessen kann man das Natrium auch in ein Metallgefäß bringen und mit Kohlenbrocken umgeben.

Die elektromotorische Kraft dieses Elementes soll 4 Volt betragen und sich bis zu 6 Volt steigern lassen, wenn man die Kohle mit verschiedenen Salzen imprägnirt; doch giebt der Erfinder selbst zu, daß dies praktisch werthlos sein würde, wegen der damit verbundenen Schwierigkeiten. Nach einer andern Angabe soll übrigens die elektromotorische Kraft nur 2·5 Volt, der innere Widerstand aber 25 Ohm betragen.

Wegen der großen Verwandtschaft des Natriums zum Sauerstoff muß das Element in einem Naphthabad oder in einem hermetisch geschlossenen Gefäß untergebracht werden. Ein Haupthinderniß für die Anwendung derartiger Elemente bildet natürlich der hohe Preis des Natriums.

Elemente, deren positive Elektrode ein Amalgam eines Alkalimetalles ist, sind übrigens schon mehrfach in Vorschlag gebracht worden; um sie nun praktisch brauchbarer zu machen, hat ihnen Dr. A. Bernstein in Berlin folgende Einrichtung gegeben (R.-P. Nr. 23906:) das Natrium- oder Kaliumamalgam, in welches der kupferne Leitungsdraht eingeschmolzen ist, wird mit einer Umhüllung von Leinwand- oder Baumwollgewebe umgeben, die man um den Leitungsdraht herum mit Hilfe einer Schnur fest zusammenzieht und außerdem noch mit einem Ueberzuge von Stearin, Paraffin oder Harz versieht. Die Hülle selbst wird mit einer 30- bis 50 procentigen Natron- oder Kalilauge getränkt, die man eintrocknen läßt, wodurch das Gewebe so dicht wird, daß es die Oxydation des Alkalimetalles durch die atmosphärische Luft, insbesondere während des Nichtgebrauchs des Elementes, zu verhindern vermag, während es dem Strome nur einen unbedeutenden Widerstand leistet. Als negative Elektrode dient entweder Kupfer in Kupfervitriollösung mit ungelösten Krystallen, oder Kohle, die vorher in Salpetersäure getaucht war, in schwacher Natronlauge.

Ein sehr compendiöses Taschenelement von Skrivanow[1]) enthält eine Zinkplatte und in Pergamentpapier gepacktes Silberchlorür, die sich in einer alkalischen, 75 Th. Kaliumoxyd auf

1) Comptes rendus T. 98, p. 225.

100 Wasser enthaltenden Flüssigkeit befinden, welche in einer kleinen, hermetisch verschlossenen Guttapercharöhre enthalten sind; die äußern Contacte und Leitungen sind aus Silber. Das ganze Element wiegt ungefähr 100 g, seine elektromotorische Kraft beträgt 1·45 bis 1·50 Volt und dasselbe liefert etwa eine Stunde lang einen Strom von 1 Ampère. Nach Erschöpfung desselben muß die Kalilösung erneut werden, und wenn dies zwei- oder dreimal geschehen, bedarf die Flüssigkeit einer Erneuerung.

Bei dem galvanischen Element von F. P. E. de Lalande in Paris (D. R.-P. Nr. 22702) besteht die positive Elektrode aus einem Streifen von Eisen, Kupfer oder einem andern Metall, oder auch aus einer Platte von Retortenkohle; dieselbe ist von Kupferoxyd umgeben, welches durch einen Sack aus Leinwand, Baumwolle oder dergl. oder auch durch ein poröses Gefäß zusammengehalten wird. Auch kann man Platten, Cylinder oder Briquettes durch Agglomeration des Kupferoxyds herstellen; letztere erfolgt durch Wärme oder bei niedriger Temperatur durch 5 bis 10 Procent zerstoßenen Glases, Schiefer und schleimiger Kieselsäure. Als negative Elektrode dient amalgamirtes Zink in Form von Platten, Cylindern oder Spiralen, oder auch Zinn, Blei, oder ein Metall, welches den Wasserstoff festzuhalten vermag, wie Palladium, Platin, reducirtes Eisen.

Dieses Element läßt sich übrigens auch als secundäres Element benutzen, indem man es durch einen elektrischen Strom von genügender Stärke ladet.

C. P. Nézeraux[1]) in Paris verwendet bei dem von ihm angegebenen galvanischen Element (D. R.-P. Nr. 24453) Bleiplatten, die auf der einen Seite ganz mit Kautschuk bedeckt sind, welcher auch noch auf die andere Fläche als ein ringsum laufender schmaler Rand übergreift, so daß ein flacher Kasten gebildet wird. In diesen füllt man bei der einen Platte Bleisuperoxyd, bei der andern reducirtes Bleisuperoxyd und legt über diese Masse je eine durchlöcherte Platte, welche durch einen Gummistreifen festgehalten wird. Zwei solcher Platten werden nun so gegen einander in angesäuertes Wasser gehängt, daß ihre mit der Bleiverbindung gefüllten Flächen einander gegen-

1) Ztschr. f. Instrumentenkunde, März 1884, S. 107.

überstehen. Zur Ermöglichung des leichten Auswechselns der einzelnen Platten sind dieselben mit Ohren versehen, mit denen sie auf zwei am Rande des Gefäßes angebrachten Schienen ruhen.

Auch dieses Element läßt sich als secundäres verwenden; man füllt dann die Plattenkästen mit Bleiamalgam, das durch den Strom einerseits oxydirt, andererseits reducirt wird.

Eine constante galvanische Batterie von hoher Spannung läßt sich nach der „Elektrotechn. Rundschau"[1]) mittels der vor einigen Jahren von Gust. Trouvé in Paris angegebenen Elemente herstellen. Ein solches Trouvé'sches Element besteht aus einer runden Kupferscheibe, auf welcher eine Schicht von vielen Fließpapierscheiben ruht, welche mit einer heißen concentrirten Kupfervitriollösung getränkt sind; dann folgt eine gleichhohe Schicht Fließpapierscheiben, die in eine kalte schwache Zinkvitriollösung getaucht worden sind, und zu oberst liegt eine Zinkplatte. Das Ganze befindet sich in einem cylindrischen Glase, das durch einen Kautschukdeckel geschlossen ist. Ein durch die Mitte der Fließpapierscheiben, der Zinkplatte und den Deckel gehender, in einem Kautschukröhrchen steckender Messingstab steht mit der Kupferplatte in metallischem Contact und bildet den positiven Pol des Elementes, während die Zinkscheibe mit der gleichfalls auf dem Kautschukdeckel angebrachten negativen Polschraube verlöthet ist. Was die Dimensionen anlangt, so ist bei dem a. a. O. abgebildeten Element der Durchmesser der Scheiben 9 cm und der Abstand zwischen der Kupfer- und Zinkplatte 5 cm; in diesem Raum liegen 12 Scheiben, jede aus 25 runden Blättern Fließpapier bestehend.

Will man eine größere Anzahl derartiger Elemente zu einer Batterie vereinigen, so befestigt man sie an einer gemeinsamen Hartkautschukplatte und schließt sie, um das rasche Verdunsten der Feuchtigkeit zu verhüten, in einen Glastrog oder ausgepichten Holzkasten ein. Sollte mit der Zeit die Salzlösung ausgetrocknet sein, so taucht man die Säulen in reines Wasser, läßt sie abtropfen und bringt sie dann wieder an ihre Stelle; bei Erschöpfung der Elemente müssen natürlich frische Papierscheiben genommen werden.

---

1) Octoberheft 1884, vgl. Centralztg. f. Optik und Mechanik, 1885, Nr. 5, S. 52.

Um Ströme von sehr hoher Spannung zu erhalten, nimmt man 1 cm weite und 10 cm hohe Glasröhrchen, bringt unten eine Kupferscheibe ein, darüber zwei Schichten Fließpapierscheiben, die unteren mit Kupfersulfat, die oberen mit Zinksulfat getränkt, und darüber eine Zinkplatte. Oben und unten ist die Röhre durch einen Korkpfropf verschlossen, durch welchen ein Kupferdraht geht, der an die benachbarte Metallplatte angelöthet ist. Die Elektroden der verschiedenen Elemente sind abwechselnd mit einander verbunden, Kupfer mit Zink, so daß eine Hintereinanderschaltung der ganzen Batterie hergestellt wird. In einem Kasten von 70 cm Länge, 20 cm Breite und 12 cm Höhe lassen sich 500 derartige Elemente unterbringen, und man kann daher durch Neben- und Uebereinanderstellen von 60 solchen Kästen im Raume von 1 cbm eine Batterie von 30000 Elementen aufbauen, mit der man die Wirkungen hochgespannter Ströme studiren kann, ähnlich wie Gaston Planté mit einer Secundärbatterie von 800 Accumulatoren und Warren de la Rue mit einer Chlorsilberbatterie von 14000 Elementen, die er im Laufe einiger Jahre allmählich aufgebaut hatte.

A. Skene in Wien und F. Kühmaier in Preßburg machen bei ihrem Element (D. R.-P. Nr. 23755) von der Thatsache Gebrauch, daß ein ziemlich constanter Strom bei geringem Kupferverbrauch erhalten wird, wenn die Kupfer-Elektrode eines Kupfer-Schwefelsäure-Zink-Elementes abwechselnd in die Säure getaucht und dann wieder der Luft ausgesetzt wird. Die Zinkelektrode ist nämlich zu einem Troge ausgebildet, welcher die Erregungsflüssigkeit, verdünnte Schwefelsäure, enthält.[1] Die Kupferelektrode dagegen besteht aus einer oder mehreren Scheiben, oder auch aus einer Spirale, oder einer Platte, und wird, halb eingetaucht, in rotirende oder auch in oscillirende Bewegung versetzt, so daß immer ein Theil mit der Flüssigkeit, der andere mit der atmosphärischen Luft in Berührung ist. Die Bewegung erfolgt ziemlich langsam, so daß die Scheibe oder Spirale aller 2 Minuten eine Umdrehung macht.

In einem Zusatzpatent (Nr. 28341) ist auch bei der Zink-Elektrode von diesem Princip Anwendung gemacht: auch die Zink-Elektrode hat hier die Form eines rotirenden Platten-

1) Elektrotechn. Ztschr., Mai 1884, S. 234.

sterns. Beide Elektroden befinden sich in gesonderten Abtheilungen eines Troges, die durch ein Diaphragma von Hundehaut oder Dickdarm getrennt sind. Unter der Zinkelektrode ist ein Trog mit Quecksilber innerhalb der Erregungsflüssigkeit aufgestellt, in welches der untere Theil der Elektrode eintaucht, wodurch die Amalgamation des Zinkes aufrecht erhalten wird. Bei Anwendung mehrerer Zinksterne oder Scheiben verbindet man deren Quecksilbergefäße leitend.

J. Unger in Cannstatt hat eine Anordnung (D. R.-P. Nr 25133) angegeben,[1] um die von Jacobi, Oersted und W. Thomson vorgeschlagenen Schalen- oder Trogbatterien mit Leichtigkeit ganz oder theilweise in und außer Thätigkeit setzen zu können.

E. v. Gothard beschreibt eine Kohle-Zink-Batterie, die sich zur Speisung der Glühlichtlampen an den verschiedenen Instrumenten, sowie der Ruhmkorff'schen Apparate auf der Sternwarte zu Herény sehr zweckmäßig erwiesen hat.[2] Jedes Element besteht aus einem rechteckigen Gefäß, das mit Chromsäurelösung (1000 Theile Wasser, 120 doppeltchromsaures Kali und 250 Schwefelsäure gefüllt ist und in welchem zwei ungefähr 25 cm hohe und 12 cm breite Kohlenplatten stehen, die mit Messingarmatur versehen und durch einen starken Draht mit einander verbunden sind; zwischen ihnen steht in einer porösen Zelle, die mit 15 procentiger Salmiaklösung gefüllt ist, eine Zinkplatte. Durch Korkstücke wird die letztere in ihrer Zelle festgehalten, so daß man diese an der Platte in die Höhe heben kann. Beim Nichtgebrauch werden die Zellen je zweier Elemente mit ihrer Füllung und ihren Platten in ein besonderes mit Salmiaklösung gefülltes Gefäß gestellt. Die Verbindung der Elektroden, die durch starke Drahtspiralen bewirkt ist, wird dabei nicht unterbrochen. Die Salmiaklösung braucht jährlich höchstens zweimal erneuert zu werden; sonst genügt es, je nach Umständen etwas Wasser zuzugießen oder einige Salmiakkrystalle in die Zellen zu werfen; die Chromsäurelösung muß öfters, etwa nach 15 bis 20 maligem Zusammenstellen erneuert werden.

Es ist neuerdings der Vorschlag gemacht worden, in den

---

1) Elektrotechn. Ztschr., Mai 1884, S. 234, mit Abbildung.

2) Centralztg. für Optik u. Mechanik, 1885, Nr. 5, S. 49, mit Abbildung.

mit Chromsäurelösung arbeitenden Batterien das Kaliumbichromat, welches bisher immer angewandt wird, durch das weit billigere und mehr Chromsäure enthaltende, auch leichter lösliche Natriumbichromat zu ersetzen.[1]) Die Ersparniß soll nach Reynier 25 Procent betragen.

G. G. Belloni[2]) in Paris wendet statt das Kaliumbichromats eine Flüssigkeit an, die man erhält, indem man 10 l einer bei 80° gesättigten Lösung von Kaliumbichromat mit 70 ccm Salpetersäure bei 40° versetzt, dann die ausgeschiedenen Krystalle löst und mit Schwefelsäure vermischt. Die Zinkplatte des Elementes (D. R.-P. Nr. 27522) taucht dabei in ein flaches, poröses oder durchlöchertes Gefäß, welches mit den Krystallen des erregenden Stoffes gefüllt ist, deren Auflösung befördert wird durch die bei der Auflösung des Zinkes auftretende Wärme. Die Lösung bleibt aber dabei auf demselben Sättigungsgrade und durch Absorption des Wasserstoffes wird die Polarisation verhütet. Auf jeder Seite des Gefäßes mit der Zinkplatte ist eine Kohlenplatte von möglichst poröser Oberfläche angebracht; diese Platten und das Gefäß sind an einer Ebonitplatte aufgehängt.

E. Przibram, H. Scholz und W. Wenzel in Wien stellen ein constantes galvanisches Element (D. R.-P. Nr. 28371) in der Weise her, daß sie ein aus Glas oder sonst einem passenden Material bestehendes Gefäß durch concentrisch in einander gestellte poröse Zellen oder Diaphragmen in drei Abtheilungen zerlegen.[3]) In der innersten steht die positive Elektrode, Kohle oder Platin, in Salpetersäure; die nächste Abtheilung ist bis über die Hälfte mit Schwefelsäure gefüllt, in der äußeren aber steht in einer Kochsalzlösung die negative Zinkelektrode. Die Füllung der mittleren Abtheilung reicht nur bis etwas über die Hälfte aus dem Grunde, weil in dieser Zelle durch Ansaugen von Salpetersäure einerseits und Wasser andererseits ein Steigen der Flüssigkeit bewirkt wird. Da umgekehrt in der innersten Zelle durch den Verlust von Salpetersäure ein Sinken des Flüssigkeitsspiegels bewirkt wird, so ist es von Vortheil, das Gemenge von Salpeter- und Schwe-

1) Elektrotechn. Ztschr., Febr. 1885, S. 80 u. April 1885, S. 402.
2) Ztschr. f. Instrumentenkunde, Nov. 1884, S. 402.
3) Dieselbe, März 1885, S. 109.

felsäure aus der mittleren in die innere Abtheilung überlaufen zu lassen, weshalb man entweder die innere Zelle am obern Rand mit Löchern oder Einschnitten versieht oder ihr auch eine geringere Höhe giebt.

Tommasi und Radiguet in Paris legen in ihrem Element [1]) als erste Elektrode eine von einem Teig von Bleisuperoxyd umgebene Kohlenplatte auf den Boden eines rechteckigen Porzellangefäßes; über ihr und von ihr getrennt durch ein Blatt Pergamentpapier, welches das Gefäß in zwei gesonderte Kammern theilt, liegt als zweite Elektrode eine andere, mit platinirten Stücken von Retortenkohle bedeckte Kohlenplatte. Beide Kammern erhalten eine Füllung von einer kleinen Menge gesättigter Kochsalzlösung, so daß das Bleisuperoxyd nicht zu breiig wird und auch die Kohlenstücke nicht ganz in der Flüssigkeit stehen. Dieses Element, das sich übrigens nur bei geschlossenem Strome abnutzt, hat eine elektromotorische Kraft von 0·6 Volt, und diese ändert sich auch nicht wesentlich, wenn Ammoniumsulfat-, Glaubersalz- oder Salmiaklösung oder auch verdünnte Schwefelsäure statt der Kochsalzlösung in Anwendung kommen.

A. Gutensohn [2]) in London (D. R.-P. Nr. 28344) überzieht die Zinkelektrode vollständig bis auf einen schmalen Streifen am untern Ende mit Blei und bringt als Erregungsflüssigkeit für dieselbe salpetersaures Bleioxyd in Anwendung, während die positive Kohlenelektrode in eine mit hinlänglich starker Salpetersäure gefüllte poröse Zelle taucht.. Statt die Zinkelektrode mit Blei zu überziehen, kann man sie auch mit einem Brei von Zinkoxyd und verdünnter Schwefelsäure umgeben, und in ähnlicher Weise kann man auch die Kohlenelektrode mit einem Brei von Zinkoxyd und verdünnter Salpetersäure überziehen.

Zur bequemen und wohlfeilen Herstellung trockener Säulen empfiehlt Onimus die Flüssigkeit des Elements innig mit Gips oder auch mit einer Mischung von Gips und Braunstein oder Eisensesquioxyd anzurühren.[3]) Der Gips erhärtet dann, weshalb das Gefäß entbehrlich wird und dem

1) Comptes rendus, T. 99, p, 129.
2) Ztschr. f. Instrumentenkunde, Nov, 1884, S. 402.
3) Comptes rendus, T. 98, p. 1577.

Element jede Form gegeben werden kann. Die Anwendung der erwähnten Mischung vergrößert übrigens die elektromotorische Kraft, und die Depolarisation ist namentlich bei Anwendung von Eisensesquioxyd eine sehr energische. Solche trockene Elemente sind natürlich nur dann zweckmäßig, wenn das Element bloß bei geschlossenem Strom arbeitet, namentlich bei Anwendung einer Salmiak- oder Chlorzinklösung als Flüssigkeit.

Auf dem gleichen Princip beruht das trockene galvanische Element von K. Schüler in Dresden (D. R.-P. Nr. 22647), welches aus einem an beiden Enden offenen Kupfercylinder besteht, in welchem sich ein ebenfalls an beiden Enden offener, auf seiner Außenseite amalgamirter Zinkcylinder befindet; jeder dieser beiden Cylinder ist mit einer Polklemme versehen. In den Zwischenraum zwischen beide Cylinder wird ein steifer Gipsteig gegossen, welcher mit einer Lösung von Zink in wasserfreier Salzsäure angemacht wird, der man zuvor ungefähr 7 Procent Kochsalz zugesetzt hat.

Als Normalelement für elektromotorische Messungen hat W. v. Bezold das von Latimer Clark vor einigen Jahren angegebene Element empfohlen.[1] Zur Messung einer Potentialdifferenz nach absolutem Maße bedarf man eines Normalelementes, dessen elektromotorische Kraft genau definirt ist, und das entweder ein für allemal zusammengesetzt bleibt oder in immer gleicher und nicht zu umständlicher Weise zusammengesetzt werden kann. Die mit einem Diaphragma versehenen Daniell-Elemente entsprechen diesen Bedingungen nicht, da ihre elektromotorische Kraft sich beständig ändert, wie Kittler gezeigt hat. Das Clark'sche Zink-Quecksilber-Element in seiner ursprünglichen Form hat freilich auch zwei recht unangenehme Eigenschaften: die eine besteht in der großen Veränderlichkeit seiner elektromotorischen Kraft mit der Temperatur, die beim Daniell-Element gar nicht vorhanden ist, die andere in der starken Abnahme, welche die elektromotorische Kraft erleidet, wenn das Element auch nur auf sehr kurze Zeit geschlossen worden ist. Die erstere kann in Rechnung gezogen werden, von dem letzteren Uebelstande aber hat Bezold das Element

1) Ann. der Physik u. Chemie. N. F. Bd. 22, S. 402.

fast ganz befreit, indem er ihm einen so großen Widerstand gab, daß nur eine unbedeutende Stromstärke zu Stande kommen konnte. Ein zweischenkliges Rohr von 1 cm Durchmesser und 75 cm Schenkellänge wurde mit dem nach Clark's Vorschrift[1]) aus Quecksilbersulphat und Zinkvitriollösung bereiteten Brei gefüllt, der dann mit Hilfe einer Wasserluftpumpe so stark eingekocht ward, daß er steinhart wurde. Dann wurde an dem einen obern Ende des Rohres der Zink-, am andern der Quecksilberpol angebracht, und die Oeffnungen wurden mit Paraffin geschlossen. Der innere Widerstand dieses Elements wurde = 15700 Ohm gefunden. Setzt man die elektromotorische Kraft eines Normal-Daniell (mit verdünnter Schwefelsäure) = 1·195 Volt, so war die des Zink-Quecksilber-Elementes = 1·442 (statt 1·457, wie Clark angiebt), und wenn es in sich geschlossen wurde, so betrug dieselbe nach einer Schließungsdauer von

5 Minuten	. . . 1·440	Volt.
1 Stunde	. . . . 1·439	=
4 Stunden	. . . 1·439	=
6 =	. . . 1·437	=
12 =	. . . 1·434	=
48 =	. . . 1·408	=

Nach 48stündigem Schluß hatte also die Kraft erst um 2 Procent abgenommen. Freilich erholte sich dann das Element nur langsam wieder; nach 24 Stunden wurde seine Kraft erst 1·430 Volt gefunden.

Auch bei den Daniell-Elementen läßt sich übrigens die Leitungsflüssigkeit durch einen festen Körper ersetzen. Zu diesem Zwecke rührte v. Bezold feinen Alabastergips einmal mit concentrirter Kupfervitriollösung, das andere Mal mit concentrirter Zinkvitriollösung zu der Consistenz an, welche zur Herstellung von Gipsabgüssen angewandt wird. Eine U-förmige Röhre von 4 mm Durchmesser und 22 cm Schenkellänge wurde zum Theil mit dem einen Brei und nach dessen Erstarrung mit dem andern gefüllt, so daß die beiden Güsse einander unmittelbar berühren. In den Kupferbrei wurde vorm Erstarren ein Kupferdraht, in den Zinkbrei ein Zinkdraht gesteckt; der obere

1) Beibl. z. d. Ann. d. Phys. u. Chemie. Bd. 2, S. 565.

Theil jedes Schenkels wurde mit Paraffin angefüllt. Die elektromotorische Kraft von drei solchen Elementen wurde an verschiedenen Tagen 0·996 bis 0·998 gefunden, wenn die des mit Flüssigkeit gefüllten Elements = 1 gesetzt wird. Die Abnahme der elektromotorischen Kraft beträgt bei Temperaturänderungen von 0° bis 20° 0·015 Procent für jeden Grad Temperaturzunahme, wächst aber mit steigender Temperatur und wurde zwischen 32° und 55° sogar 0·061 gefunden; beim Latimer Clark'schen Element beträgt sie nach Helmholtz und Kittler 0·08. Bei Temperaturschwankungen innerhalb der gewöhnlichen Grenzen ist also die Aenderung nur sehr unbedeutend; ebenso bringt ein kurzer Stromschluß nur eine geringe Veränderung hervor und selbst nach längerem Schluß erreicht das Element in Zeit von einer Viertelstunde seine frühere elektrische Kraft wieder.

Die trocknen Daniell-Elemente empfehlen sich außerdem auch noch zum Laden des Quadranten-Elektrometers.

Zur Messung schwacher elektromotorischer Kräfte hat Gore eine Thermosäule angegeben,[1]) welche aus 295 Paaren horizontaler, dünner paralleler Drähte aus Eisen und Neusilber von ungefähr 8 Zoll engl. (20·3 cm) Länge besteht, von denen die ersteren mit Baumwolle umkleidet sind. Sie liegen mit an einander gelötheten Enden dicht neben einander und bilden eine flache, in ein Holzgehäus eingeschlossene Schicht von ungefähr 16 Zoll (40·6 cm) Länge. Auf jeder Seite sind die Drähte in einer Ausdehnung von ungefähr 1 1/2 Zoll (3·8 cm) vertical abwärts gebogen, so daß die Löthstellen in ein Paar Flüssigkeitsbäder von verschiedener Temperatur tauchen, die in schmalen, langen Trögen enthalten sind. Die Flüssigkeiten müssen nichtleitend sein, und Gore verwendet auf der einen Seite geschmolzenes Paraffin von 120° C, auf der andern nichtflüchtiges Petroleum, sogenanntes „dünnes Maschinenöl". Die Drahtenden tauchen ungefähr 1/4 Zoll (6·3 mm) tief in die Flüssigkeiten.

Die elektromotorische Kraft ist nach oben hin beschränkt durch die Anzahl der Paare und die Temperaturdifferenz der beiden Flüssigkeiten. Um aber eine schwächere elektromotorische

1) Nature XXIX, p. 513.

Kraft zu erhalten, hat man nur nöthig, das eine Ende des Leitungsdrahtes, statt dasselbe am Enddraht zu befestigen, auf der Mitte der Oberseite der Säule zu verschieben; da nämlich die Neusilberdrähte nicht umhüllt sind, so ist ein metallischer Contact möglich, und man kann auf diese Art beliebig viele Paare ausschließen.

Ein Apparat von den beschriebenen Dimensionen hatte bei 16° C und einer Temperatur-Differenz der beiden Bäder von 100° C einen Widerstand von 95·6 Ohm und entwickelte eine elektromotorische Kraft von 0·7729 Volt, bei einem Temperatur-Unterschied von 130° aber eine solche von 1·005 Volt. Jedes Paar entspricht also 0·0000262 Volt für jeden Temperaturgrad und die Säule ist im Stande, eine elektromotorische Kraft bis herab zu $1/_{34861}$ Volt zu entwickeln.

Nachdem wir eine Anzahl neuer Batterien betrachtet haben, wenden wir unsere Aufmerksamkeit noch einigen Untersuchungen über verschiedene Arten der Elektricitäts-Erregung zu.

Das elektrische Verhalten der Flamme ist in den letzten Jahren mehrfach untersucht worden; insbesondere von Julius Elster und Hans Geitel in Wolfenbüttel,[1]) sowie von J. Kollert in Leipzig.[2])

Kollert's Arbeit, die wir in erster Linie berücksichtigen, bezweckt eine Weiterführung der vor längerer Zeit von Prof. W. Hankel in Leipzig angestellten Untersuchungen über die Alkoholflamme und bezieht sich hauptsächlich auf die Flamme des Bunsen'schen Brenners; doch wurde auch eine leuchtende Gasflamme und die Alkoholflamme untersucht. Zur Messung der elektrischen Spannungen diente ein Hankel'sches Elektrometer, und es erfolgten dieselben in der Weise, daß die betreffenden elektromotorischen Kräfte mit derjenigen eines Daniell'schen Normalelementes verglichen wurden.

Zunächst wurde die Abhängigkeit der elektromotorischen Kräfte von der chemischen Natur und der Temperatur der Brennermündung untersucht. Letztere bestand abwechselnd aus Zink, Kupfer, Zinn, Blei und Eisen oder auch aus Bunsen'scher Kohle; in einiger Entfernung von ihr, und symmetrisch zur

1) Ann. der Phys. u. Chemie. N. F. Bd. 16, S. 193, 711; Bd. 19, S. 588.

2) Dieselben. Bd. 21, S. 244.

Achse der Flamme, befand sich in letzterer eine Platinspirale. Es zeigte sich nun, daß diese Spirale durchgängig den Charakter des elektropositiven, die Brennermündung den des elektronegativen Bestandtheils eines galvanischen Elementes besaß, und zwar ordneten sich die Metalle an der Brennermündung nach ihrem elektromotorischen Werth, vom negativsten angefangen, in die Reihe:

Eisen, Zinn, Platin, Kohle, Kupfer, Blei, Zink.

Die elektromotorischen Kräfte zeigten sich ferner abhängig von dem Orte der Drahtspirale: in einer etwa 150 mm hohen, sehr regelmäßigen Gasflamme wird die Spirale in 100 mm Höhe schwächer positiv als in 50 mm. Aber auch beim Verschieben in horizontaler Richtung ergeben sich Aenderungen. Durch horizontale Verschiebung eines etwa 0·2 mm starken geradlinigen Platindrahtes in 40 mm Höhe fand K. in der erwähnten Gasflamme zwei Maxima der Spannung, das eine in dem den innern blauen Kegel begrenzenden röthlichen Saum, das andere mit dem röthlichen Saum an der äußersten Grenze der sichtbaren Flamme zusammenfallend. Bei der leuchtenden Flamme ergab sich ein Hauptmaximum an der Grenze des leuchtenden Theiles und ein viel schwächeres an der Grenze des innern, kaum sichtbaren Mantels. Immer fallen die Maxima der Spannung mit den Temperaturmaximis zusammen.

Im Allgemeinen ergiebt sich, daß die Flamme sich bezüglich der Electricitätsleitung ähnlich wie ein Leiter zweiter Klasse verhält. Der Uebertritt aus den metallischen Elektroden in die Flamme wird auf ähnliche Weise vor sich gehen, wie die Zerstreuung der Elektricität in die Luft, d. h. es werden sich die einzelnen Gastheilchen, wenn sie die Elektrode treffen, mit Elektricität von derselben Spannung laden, wie auf der Elektrode vorhanden ist. Die Zerstreuung erfolgt aber durch die Flamme weit rascher als durch die Luft, weil dort die mit Ladung versehenen Gastheilchen außerordentlich viel rascher aus dem Bereiche des metallischen Leiters entfernt werden, als in Luft von gewöhnlicher Temperatur und Spannung, wo nach der Auffassungsweise der kinetischen Gastheorie nur sehr wenige Gasmolekeln die den elektrischen Conductor unmittelbar umhüllende Schicht verlassen können, so daß sich die Luft schwachen Elektricitäten gegenüber fast wie ein absoluter Nichtleiter ver-

hält; bei stärkeren Spannungen bewirkt allerdings die infolge der elektrischen Abstoßung vermehrte Geschwindigkeit der Molekeln den Durchbruch einer beträchtlicheren Anzahl der letzteren und damit eine merkliche Zerstreuung. Die unipolare Leitung der Flamme würde sich durch die Annahme erklären lassen, daß die Gasmolekeln den negativen Zustand weit schwieriger annehmen als den positiven.

Nicht ganz damit übereinstimmend sind die Ansichten, zu denen Elster und Geitel gelangt sind. Aus ihren älteren Versuchen an Gas- und Alkoholflammen hatten sie den Schluß gezogen, daß die Flammengase und die die Flamme umhüllende heiße Luftschicht die Eigenschaft besitzen, im Contact mit Metallen und Flüssigkeiten dieselbe ähnlich wie ein Elektrolyt zu erregen, und daß zu dieser elektrolytischen Erregung sich eine Art thermoelektrischer gesellt. Mittels dieser Annahmen ließen sich die an Flammen beobachteten Erscheinungen erklären, wenn man beachtete, daß für gewisse Fälle eine Steigerung der Leitungsfähigkeit der Flammengase eine Abnahme des Potentials bedingt. Weitere Versuche über Elektricitätserregung beim Contact von Gasen und glühenden Körpern zeigten aber, daß diese Theorie bedeutender Ergänzungen und Berichtigungen bedürfe. Vor allen Dingen muß von einer thermoelektrischen Erregung abgesehen werden, da bei Anwendung einer glühenden und einer nicht glühenden Elektrode die Erregung nur an der ersteren stattfindet. Man hat es an dieser wahrscheinlich mit einer der Elektricitätserregung durch Reibung analogen Wirkung zu thun. Im Ganzen glauben Elster und Geitel durch ihre Versuche bewiesen zu haben, „daß jede Flamme aufgefaßt werden kann als ein Strom heißen Gases, der von außen eingeführte, glühende Elektroden, sowie die in ihm suspendirten glühenden Körperchen negativ elektrisch erregt“.

Elektricität bei Gasentwickelung. — Daß bei chemischen Zersetzungen, namentlich Gasentwickelungen Elektricität auftreten könne, ist von Volta schon 1769 ausgesprochen worden; seine damaligen Versuche waren aber erfolglos und erst nach Construction seines Condensators hat er 1782 in Verbindung mit Laplace und Lavoisier neue Versuche angestellt, durch welche seine Vermuthung Bestätigung fand. Im Laufe der letzten Jahre hat sich nun W. Hankel mit diesem

Gegenstande beschäftigt, und die große Empfindlichkeit seines Elektrometers hat es ihm möglich gemacht, die oft sehr kleinen bei Gasentwickelungen auftretenden Elektricitätsmengen zu erkennen und zu messen.[1])

Bei diesem Elektrometer hängt das Goldblättchen in der Mitte zwischen zwei Messingscheiben, welche mittels eines Commutators mit den Polen einer aus Zink-Kupfer-Wasser-Elementen gebildeten und ungefähr in der Mitte zur Erde abgeleiteten Volta'schen Säule verbunden sind. Die Messung der dem Goldblättchen zugeführten Elektricität erfolgte immer so, daß der Ausschlag beobachtet wurde, der beim Wechsel der Polaritäten in den Messingscheiben entstand. Dabei war das Elektrometer derart justirt, daß das Goldblättchen, wenn es durch einen mit den eisernen Gasröhren des Hauses verbundenen Kupferdraht zur Erde abgeleitet war, beim Wechsel der Polaritäten der Scheiben keinen Ausschlag gab.

Hankel hat nun die elektrischen Vorgänge näher untersucht, welche bei der Entwickelung des Wasserstoffs aus Zink und Schwefel- oder Salzsäure, bei der Entwickelung von Gasen aus Zink und Salpetersäure, bei der Entwickelung des Wasserstoffs durch Einwirkung von Säuren auf Eisen, sowie der Kohlensäure aus Kreide und Marmor, endlich bei Gasentwickelungen stattfinden, wenn Marmor, Kreide oder Zink mit Salzsäure übergossen wird, welcher Chlorcalcium, Glycerin oder Zucker zugesetzt ist; außerdem wurden noch mit Rücksicht auf die Anordnung der Versuche bezüglich der Gasentwickelungen die elektrischen Vorgänge genauer erörtert, welche sich beim Abfallen der Wassertropfen von Metallen zeigen.

Um die zuletzt erwähnten Vorgänge zu studiren, wurde ein trichterförmiges, isolirt aufgestelltes Glasgefäß unten in eine so feine Spitze ausgezogen, daß in dasselbe gegossenes Wasser nur in Tropfen, vier bis acht in der Sekunde, von der Spitze abfiel; die Tropfen sammelten sich in einer untergesetzten Platinschale. Wird nun in das Wasser des Trichters ein Metallstück getaucht, welches mit der Erde in leitender Verbindung steht, so erhält das Wasser eine elektrische Spannung, und wenn die untergesetzte Platinschale isolirt und durch einen Me-

1) Ann. der Phys. u. Chemie. N. F. Bd. 22, S. 387.

talldraht mit dem Goldblättchen des Elektrometers verbunden ist, so wird durch die herabfallenden Tropfen auch der Schale und dem Elektrometer eine der Spannung des Wassers entsprechende elektrische Ladung zugeführt. Taucht man Platin oder Kupfer in das Wasser, so wird letzteres negativ elektrisch, jedoch bei Kupfer viel schwächer als bei Platin; mit Zink nimmt das Wasser eine positive Spannung an, die etwas größer ist als die negative bei Platin.

Statt einen Metalldraht in das Wasser des Trichters zu tauchen, wurde auch ein etwa unter 45° geneigter Metallstreifen unterhalb des isolirten Trichters isolirt aufgestellt, so daß die aus dem Trichter fallenden Tropfen in der Nähe des obern Endes auftrafen und nach dem Hinabfließen am untern Rande sich zu größeren Tropfen sammelten, welche dann in die Platinschale fielen. Die auf dem Metallstreifen und in der Platinschale beobachteten Spannungen waren dabei dieselben wie bei den früheren Versuchen.

Um die Vorgänge bei der Entwickelung von Wasserstoff aus Zink und Schwefelsäure zu studiren, wurde Schwefelsäure von verschiedener Concentration in den Trichter gebracht, deren Tropfen dann auf ein schräg aufgestelltes Zinkstück fielen, um von da in eine untergesetzte Platinschale zu fallen. Mittels eines Commutators wurde das Goldblättchen des Elektrometers abwechselnd mit dem Zinkstück und mit der Platinschale in Verbindung gesetzt. Da bei Beobachtung der von den Tropfen fortgeführten Elektricität das Zink stets mit der Erde leitend verbunden war, so konnte der elektrische Zustand der Tropfen nur durch die Ableitung zur Erde und den am untern Rande vorgehenden chemischen Prozeß bedingt sein. So lange nun die Säure das Zink dort nicht angreift, nehmen die Tropfen die aus der Ableitung stammende schwache positive Elektricität mit sich; tritt aber der Angriff am untern Rande ein, so geht die positive Ladung der Tropfen in die negative über. Durch Amalgamirung des untern Theiles des Zinkes, wie auch durch Anlöthen einer Platinplatte, kann man diesen Wechsel der Elektricität beseitigen. Das Zink zeigt, so lange kein Angriff der Säure erfolgt, infolge des Abfallens der positiv geladenen Tropfen schwache negative Spannung, die beim Angriff der Säure verstärkt wird und nach einiger Zeit ein Maximum

erreicht, worauf sie wieder abnimmt und bei mäßig starker Säure zuletzt in eine positive übergeht. Dem Anwachsen der negativen Spannung wirkt nämlich nicht nur der unter chemischem Prozeß von statten gehende Abfall der Tropfen vom untern Rande entgegen, sondern durch die an den angegriffenen Stellen des Zinkes erfolgte Ausscheidung von Kohle kommt auch ein aus Zink, Kohle und Schwefelsäure gebildetes Element zu stande, in welchem der Wasserstoff an der negativen Kohle ausgeschieden wird und negative Elektricität mit sich fortnimmt, wie Hankel durch besondere Versuche nachgewiesen hat; das Zink wird so im positiven Zustand zurückgelassen. Wird durch heftigen Angriff der Säure der schwärzliche Ueberzug vom Zink abgestoßen, so geht der positive Zustand des Zinkes zeitweilig wieder in den negativen über.

Wenn man ein blank gefeiltes Zinkstück in einem auf dem Boden der Platinschale ruhenden Uhrglas mit Schwefelsäure übergießt, so ist die Schale zuerst schwach positiv, nur in seltenen Fällen negativ; wenn aber durch das Auftreten der schwärzlichen Schicht ein galvanisches Element gebildet ist, erscheint die Schale stärker positiv.

Ganz ähnlich sind die Erscheinungen auch, wenn Zink mit Salz-, oder Salpetersäure übergossen wird, obwohl im letzteren Falle kein Wasserstoff entwickelt wird.

Wird Eisenfeilicht mit erhitzter, mit dem drei- bis vierfachen Volumen Wasser verdünnter Schwefelsäure übergossen, so zeigt das Gefäß einige Secunden lang eine negative Ladung, die aber rasch in eine positive übergeht.

Wird ein passend geformtes Kreide- oder Marmorstück in schräger Lage unter den Trichter gebracht, aus dem Salzsäure tropft, so wird die Kreide ebenso wie die abfließende Säure negativ; doch geht bei Anwendung stärkerer Säure die negative Spannung des Marmors bald in eine positive über. Diese letztere Erscheinung wird durch die Gasentwickelung am untern Rande bewirkt; weil nämlich die mit positiver Elektricität geladenen Gasblasen wegen der Dicke des Stückes nicht sofort entweichen können, so geben sie einen Theil ihrer Ladung an den Marmor und die ihn bedeckende Säure zurück.

Ein Zusatz von Chlorcalcium, Glycerin oder Zucker zur Säure begünstigt im Allgemeinen die positive Ladung der Schale.

Wird z. B. ein Kreidestück mit verdünnter Salzsäure übergossen, so zeigt die Schale sich stets negativ geladen; bei Zusatz eines der genannten Körper aber erscheint die negative Ladung viel schwächer und wird auch wohl ganz aufgehoben. Ebenso tritt beim Zink, wenn es mit starker Salzsäure unter Zusatz von Glycerin übergossen wird, die bei reiner Salzsäure anfangs erscheinende negative Ladung nicht auf. Die Einwirkung jener Zusätze scheint nur auf einer Verminderung der Leichtbeweglichkeit der Flüssigkeitstheilchen zu beruhen: die am Aufsteigen gehinderten Gasblasen geben theilweise die ihnen bei ihrer Entstehung zugetheilte positive Elektricität wieder an die Flüssigkeit ab und nehmen aus dieser die negative mit fort.

Thermo-, Actino- und Piëzoelektricität der Krystalle. Nachdem Hankel durch Untersuchung des Topases zu der Ueberzeugung gelangt, daß die von Hauy ausgesprochene und später allgemein als richtig angenommene Ansicht, daß nur hemimorphe Krystalle bei Temperaturänderungen Elektricität (Thermoelektricität) zeigen, zu eng sei, daß vielmehr alle Krystalle thermoelektrische Spannungen zeigen müssen, soweit nicht die besondere Beschaffenheit ihrer Substanz eine Anhäufung derselben bis zu meßbarer Größe verhindert, hat er zunächst Mineralien, die in zahlreichen und möglichst großen Krystallen vorkommen, einer genauern Prüfung unterworfen (vgl. dieses Jahrb. XIV, S. 235); später aber hat er diese Untersuchungen auch ausgedehnt auf Mineralien, die nur in kleinen, häufig sehr unvollkommenen Krystallen vorkommen, als Helvin (tesseral); Mellit (tetragonal); Pyromorphit und Mimetesit, Phenakit, Pennin, Dioptas (hexagonal); Strontianit, Witherit und Cerussit (rhombisch); Euklas (monoklin).[1])

Verschieden von der Thermoelektricität ist die von Hankel am Bergkrystall entdeckte Actinoelektricität (vgl. dieses Jahrb. XVII, S. 256). Für diese Art der Elektricitätserregung hat derselbe folgende Gesetze aufgestellt[2]):

Treffen Wärmestrahlen einen Bergkrystall, so entstehen an den Enden der (durch das Auftreten der trigonalen Trape-

1) Bezüglich der speciellen Resultate ist auf die Originalabhandlung im 12. Bd. der Abh. d. K. Sächs. Ges. d. Wiss. S. 551 zu verweisen; vgl. auch Ann. d. Phys. u. Chemie. N. F. Bd. 18, S. 421.

2) Ann. der Phys. u. Chemie. N. F. Bd. 19, S. 818.

zoëder und der trigonalen Pyramiden) hemimorph gebildeten Nebenachsen, also auf den sechs Kanten des Prismas, elektrische Pole.

Die elektrische Spannung wächst bei der Bestrahlung anfangs rasch, dann langsamer und erreicht in 40 Secunden ihren größten Werth, worauf sie anfangs langsam, dann rascher wieder abnimmt und binnen 40 Secunden verschwindet.

Auf den Kanten, welche mit den Flächen der trigonalen Gestalten versehen sind (oder auf denen diese Flächen liegen würden, wenn sie vorhanden wären), treten bei der Bestrahlung positive, auf den übrigen Kanten negative Pole auf, also dieselben Pole, welche die Kanten thermoelektrisch bei der Abkühlung zeigen.

Die Richtung, in welcher die Wärmestrahlung den Krystall trifft, ist für die Art der auf den Kanten auftretenden Elektricität gleichgültig; und ebenso ist die Quelle der Strahlung, ob Sonnenlicht, elektrisches Kohlenlicht, Gasflamme, Kerzenflamme, mit heißen Wasser gefüllter Metallwürfel, erwärmte Metallkugel &c., gleichgültig.

Die Stärke der auf einer Kante erregten elektrischen Spannung ist proportional der Intensität der Bestrahlung.

Die Strahlen, welche die Actinoelektricität hervorrufen, sind nicht genau dieselben, welche von den berußten Enden einer Thermosäule absorbirt werden; denn beim Durchgang durch farblose und gefärbte Glasplatten werden die actinoelektrischen Strahlen mehr geschwächt, als die auf die Thermosäule wirkenden.

Der Vorgang für die Erzeugung der Actinoelektricität ist umkehrbar: beim Annähern oder Auflegen einer kalten Metallkugel auf die Kante eines erhitzten Bergkrystalles entsteht infolge der Strahlung des Krystalles gegen die Kugel eine elektrische Erregung von derselben Art, wie sie thermoelektrisch sich bei steigender Temperatur zeigen würde.

Mit dem Namen Piëzoelektricität bezeichnet man endlich die von J. und P. Curie entdeckte Erscheinung, daß bei Ausübung eines Druckes in Richtung einer Nebenachse des Bergkrystalles an den Enden dieser Achse polarelektrische Spannungen auftreten. Diese Spannungen sind negativ an den Kanten, welche trigonale Gestalten tragen, positiv an den andern. Beim Nachlassen des Druckes treten die entgegengesetzten Polaritäten auf.

Die Entdecker waren der Ansicht, daß Druck und Abkühlung (Nähern der Molekeln), und ebenso andererseits Nachlassen des Druckes und Erwärmung (Entfernen der Molekeln von einander) dieselbe Art der Elektricität hervorrufen. Dies ist, wie Hankel gezeigt hat, unrichtig.

Beim Zusammendrücken in Richtung der einen Nebenachse zeigen die Endpunkte der beiden andern Nebenachsen die einer Ausdehnung entsprechenden Polaritäten; ebenso beim Druck in der Richtung einer Zwischenachse (Verbindungslinie der Mitten zweier gegenüberliegenden Seitenflächen) die Enden der darauf senkrechten Nebenachse.

Die genaue Erforschung dieser elektrischen Erregungen, die wir vorzugsweise Hankel verdanken, ist eine sehr mühsame und zeitraubende Arbeit, wenn man die einzelnen Punkte der Oberfläche eines Krystalles mit Hilfe des Elektrometers untersucht. Deshalb ist eine von Prof. A. Kundt in Straßburg empfohlene Methode sehr beachtenswerth, welche auf einmal die elektrische Vertheilung auf der ganzen Oberfläche eines Krystalles zur Anschauung bringt.[1] In dem Augenblicke nämlich, in welchem die durch Temperaturänderung oder Druck auf einem Krystall hervorgerufene elektrische Vertheilung ermittelt werden soll, bestäubt man denselben mit einem Gemeng von Schwefel und Mennige, welches durch ein engmaschiges Sieb von Baumwolle hindurchgesiebt oder geblasen wird. Das Schwefelpulver wird dabei bekanntlich negativ elektrisch, die Mennige positiv, und es setzt sich nun, wie bei den Lichtenberg'schen Figuren, der Schwefel auf die positiv erregten Stellen der Oberfläche, die Mennige auf die negativen. Anstatt der Mennige kann auch das Oxyd eines andern schweren Metalles, z. B. Eisenoxyd, genommen werden; doch ist das Gemisch von Mennige und Schwefel am wirksamsten. Bei einer Temperatur von 117° oder darüber ist statt des letztern sehr fein vertheilte Kieselsäure, aus Wasserglas niedergeschlagen, zu verwenden. Die Pulver müssen völlig trocken sein, sie werden möglichst fein gerieben, dann gut durch einander gerührt, und vor der Benutzung wird das Gemisch erst mehrmals durch ein Sieb geschüttet. Zum Bestäuben wendet Kundt eine Art Blasebalg

1) Ann. der Phys. u. Chemie. N. F. Bd. 20, S. 592.

aus Leder an, der an seinem breiteren Ende mit einem abschraubbaren Deckel zum Einfüllen des Pulvergemisches versehen ist. Am andern Ende ist über die Oeffnung ein Stück Mousselin gelegt, durch dessen Maschen das Pulver geblasen wird. Durch einen aufgeschraubten Deckel, der in der Mitte ein Loch von ungefähr 6 mm Durchmesser hat, wird dieses Stück festgehalten. Uebrigens hat man beim Bestäuben darauf zu achten, daß der Luftstrom den Krystall nicht direct trifft, sondern daß nur die langsam niederfallenden Pulvertheilchen in die Nähe des Krystalles kommen.

Kundt hat seiner Abhandlung Abbildungen beigegeben, welche die elektrische Vertheilung auf verschiedenen Krystallen veranschaulichen; ausgedehntere Untersuchungen des Boracits und Quarzes haben Mack und B. v. Kolenko veröffentlicht.[1])

Bezüglich der Entladung der Elektricität beschränken wir uns auf einige neuere Untersuchungen über den Blitz und gedenken zunächst der gelungenen Versuche, denselben zu photographiren.

Blitzphotographien[2]) werden bei nächtlichen Gewittern sehr leicht erhalten, indem man die auf Unendlich eingestellte Camera gegen die Stelle des Himmels richtet, an der ein Gewitter steht. Man kann dann beliebig lange exponiren, und jeder in der betreffenden Gegend des Himmels auftretende Blitz wird sich auf der Platte markiren.

Auf solche Weise hat im Juli 1884 Dr. H. Kayser in Berlin eine Reihe von Blitzaufnahmen gemacht. Gleich die ersten Photographien zeigten, daß der Blitz nicht immer eine einfache Entladung zwischen zwei Punkten ist, sondern oft zwar von einem Punkte ausgeht, aber in vielen Punkten endet. „Es zweigen sich von einem Hauptstamme dünnere Seitenäste nach allen Richtungen ab, welche wieder Seitenzweige haben, so daß ein solcher Blitz wie die Karte eines Flußsystems aussieht, wo zahlreiche Bäche und Nebenflüsse zusammenströmen, um schließlich einen Hauptstamm zu bilden, von dem man wohl ein bestimmtes Ende, aber keinen solchen Anfang erkennt; nur durchläuft der Blitz den Weg umgekehrt, wie der Fluß. Mitunter ist auch ein

1) Groth's Ztschr. für Krystallographie. Bd. 8, S. 503; Bd. 10, S. 1.
2) Sitzungsberichte der kgl. preuß. Akad. d. Wissensch. zu Berlin. 1884. XLVIII (27. Nov.). S. 1119.

deutliches Hauptende des Blitzes zu erkennen, indem ein starker Strahl zwei Punkte verbindet, und von ihm nur schwache, kurze Seitenäste abgehen. Endlich kommen viele schwächere unverzweigte Blitze vor".

Besonders merkwürdig ist aber das Bild eines Blitzes vom 16. Juli abends gegen 10 Uhr. Der Hauptstrahl besteht hier nicht aus einer einzigen hellen Linie, sondern aus vier dicht nebeneinander liegenden Linien. Links liegt die stärkste Linie, an welche sich rechts ein helles breites Band anschließt, das sich unter der Lupe als aus hellen horizontalen Schichten gebildet erweist, die durch dunkle Zwischenräume getrennt sind; weiter nach rechts folgen dann zwei dicht nebeneinander verlaufende Streifen und dann nach einem etwas größeren Zwischenraum die vierte helle Linie. Alle vier Strahlen laufen im Wesentlichen parallel durch alle Zacken und Krümmungen fort und zeigen nur in kleinern Einzelheiten Abweichungen.

Als wahrscheinlichste Erklärung nimmt Kayser an, daß man es hier mit einer oscillirenden Entladung zu thun hat, bei welcher in kurzen Zwischenräumen Entladungen in entgegengesetzter Richtung verlaufen: Der erste Funke hinterläßt dabei auf seinem Wege zur Erde einen Canal erhitzter Luft; der nächste, von der Erde zur Wolke gehende Funke benutzt denselben, im Wesentlichen noch bestehenden Canal, der nur durch den Wind etwas verschoben ist, ꝛc. Daß solche oscillirende Blitze thatsächlich vorkommen, hat Kayser bei stärkeren Gewittern, wenn die Oscillationen langsamer von statten gingen, mehrfach beobachtet. Auf den in Rede stehenden Blitz folgte übrigens in etwa einer Secunde ein gewaltiger Donnerschlag, daher die Entfernung des Blitzes zu 350 m, vielleicht auch darunter, anzunehmen ist; aus der Breite des Bildes und der Brennweite des Objectivs ergaben sich dann als Abstände zwischen den vier Entladungen 3·08, 0·35 und 0·63 m, welche man durch Verschiebung des Canals zwischen je zwei Entladungen zu erklären hat. Da nun die senkrecht zur Achse des photographischen Apparates gerichtete Windgeschwindigkeit etwa 8·5 m in der Secunde betrug, so würden diese Verschiebungen in 0·362, 0·041 und 0·074 Secunden hervorgebracht sein, und die ganze Entladung hätte nicht eine halbe Secunde gedauert.

Alle vier Blitze befinden sich in einem Canal, der deutlich

viel heller ist, als die Umgebung, am hellsten an den Rändern, eine Erscheinung, welche der Aureole entspricht. Von den vier Theilen gehen noch eine Anzahl schwächerer Seitenentladungen aus, die in etwa sechszig verschiedenen Punkten endigen. Die ganze Länge des Blitzes beträgt ungefähr 300 m, die Breite der Aureole 28 m.

Noch nicht sicher erklärt ist der helle Streifen, welcher den ersten Blitzstrahl auf der rechten Seite begleitet. Dem Anschein nach besteht derselbe aus Schichten einer leuchtenden Materie, und Kayser neigt der Annahme zu, daß der Blitz die Regentropfen, die er auf seiner Bahn traf, in leuchtenden Dampf verwandelte, der dann vom Winde seitwärts getrieben wurde. Es würde sich dann auch erklären, weshalb nur der erste Strahl von solchen Schichten begleitet ist: der Canal würde nämlich bei den folgenden Entladungen noch mit heißen Gasen, nicht mit Regentropfen erfüllt gewesen sein. Indessen macht Kayser auf verschiedene Bedenken gegen diese Erklärung aufmerksam: es erscheint nicht wahrscheinlich, daß die Regentropfen in der den Schichten entsprechenden Regelmäßigkeit auf dem Wege des Blitzes vertheilt waren; auch würde schwerlich jeder Tropfen für sich eine Schicht gebildet, die Schichten würden sich wahrscheinlich vermischt und ein leuchtendes Band gebildet haben, und endlich erscheint das Auftreten einer so hohen Temperatur, wie zur Verdampfung und Dissociation der Tropfen nöthig, ziemlich unwahrscheinlich. Die Schichten sind nämlich etwa 1·7 m lang und 0·35 m hoch, und wenn man ihre Tiefe auch zu 0·35 m annimmt, so hat jede Schicht ein Volumen von etwa 0·2 cbm. Nimmt man nun an, daß 15 Tropfen 1 g wiegen, so würde eine Temperatur von 400 000° C erforderlich sein, um jeden Tropfen in eine Schicht zu verwandeln. Die Lösung der Frage nach Entstehung der Schichten wird wohl gelingen, wenn zahlreichere Blitzphotographien vorliegen, und Kayser fordert deshalb Beobachter, welche durch die Witterungsverhältnisse begünstigt sind, auf, recht zahlreiche Aufnahmen zu machen.

Zunahme der Blitzgefahr. — Schon im VIII. Jahrg. dieses Jahrbuchs, S. 191, haben wir der von Gutwasser aus den Erfahrungen im Königreich Sachsen von 1841 bis 1870 abgeleiteten Thatsache gedacht, „daß die Zahl der Blitzschläge auf Gebäude, wenn auch von Zeit zu Zeit schwankend,

in einer allmählichen Zunahme begriffen sei.“ Wie J. Freyberg, Assistent am Dresdener Polytechnicum, vor einiger Zeit in der „Isis“ in Dresden ausgeführt hat[1]), hat auch die Bearbeitung des aus amtlicher Quelle stammenden Materiales aus den Jahren 1871 bis 1882 zu demselben Resultat geführt. Freyberg giebt für Sachsen folgende Zusammenstellung:

Zeitraum	Anzahl der jährlichen Blitzschläge	Zunahme der jährlichen Blitzschläge	Versicherte Gebäude nach Tausenden	Größe der Blitzgefahr	Zunahme der Blitzgefahr
1859 bis 1862	67	1·0	628	107	1·0
1863 „ 1866	81	1·2	638	127	1·2
1867 „ 1870	104	1·6	648	161	1·5
1871 „ 1874	123	1·8	656	188	1·8
1875 „ 1878	145	2·2	675	215	2·0
1879 „ 1882	189	2·8	699	172	2·5

Die Zahlen für die „Größe der Blitzgefahr“ geben hier die Anzahl der vom Blitz getroffenen und eine Schadenvergütung erfordernden Gebäuden unter je einer Million an. Dieselbe ist übrigens in Sachsen für die ländlichen Gebäude fast doppelt so groß als für die städtischen (Blitzgefahr gegenwärtig 311 und 158), besonders wenig gefährdet sind die Häuser der großen Städte.

Auch anderwärts ist die Zunahme der Blitzgefahr constatirt worden. So geht aus den Zusammenstellungen W. v. Bezold's[2]) hervor, daß in Bayern die Gefährdung durch den Blitz innerhalb des Zeitraums von 1833 bis 1883 sich verdreifacht hat: während im Laufe der dreißiger und Anfang der vierziger Jahre von einer Million Gebäuden nur 32 vom Blitz beschädigt wurden, so fielen Anfangs der achtziger Jahre unter einer Million durchschnittlich 97 dem gleichen Schicksal anheim. Die Zunahme ist eine beinahe stetige gewesen, doch machen sich kleine Schwankungen geltend, die einer Periodicität unterworfen zu sein scheinen in der Weise, daß auf jede Sonnen-

1) Sitzungsbericht der naturwissenschaftlichen Ges. Isis in Dresden. 1884.

2) Abh. d. K. Bayer. Akad. d. W., II Cl. B 15, Abth. I, S. 169; Auszug in der Elektrotechn. Ztschr. Oct. 1884, S. 393.

fleckenperiode zwei solcher Perioden treffen, und daß einem Maximum der Sonnenflecken jederzeit ein Minimum von zündenden Blitzen entspricht.

Selbst für kleinere Gebiete macht sich diese Vergrößerung der Blitzgefahr geltend. So berichtete Prof. Karsten (Kiel) in einer Versammlung des Elektrotechnischen Vereins in Berlin[1]), daß aus den Erfahrungen der Lübecker Versicherungsgesellschaft für ländliche Gebäude sich eine Vervierfachung der Blitzgefahr in Zeit von fünf Decennien ergebe, und daß man nach Angabe von Buys-Ballot auch in Holland Aehnliches beobachtet habe.

Leitung der Elektricität.

Elektrische Leitungsfähigkeit des Wassers. Es ist schon lange bekannt, daß das elektrische Leitungsvermögen des Wassers um so kleiner ist, je weniger fremde Stoffe das letztere enthält. Namentlich hat Kohlrausch eingehendere Untersuchungen über diesen Gegenstand angestellt, deren schon im 13. Jahrg. dieses Jahrb., S. 169, Erwähnung geschehen ist. Damals gelang es diesem Physiker durch besondere Sorgfalt in der Herstellung und Aufbewahrung, Wasser zu erhalten, dessen Leitungsvermögen bei 22° nur 72 Billiontel von demjenigen des Quecksilbers betrug. Indessen war damit die untere Grenze noch keineswegs erreicht, wie neuere Untersuchungen von Kohlrausch dargethan haben.[2])

Es ließ sich vermuthen, daß eines der Haupthindernisse, die sich der Herstellung ganz reinen Wassers entgegenstellen, die Mitwirkung der Luft bei der Destillation sei. In der That gelang es, durch Destillation von Wasser im Vacuum ein fast dreimal kleineres Leitungsvermögen als das früher gefundene zu erhalten. Ein geeigneter Destillationsapparat ließ sich leicht nach Art des sogenannten Wasserhammers herstellen. Ein Glasgefäß von 100 bis 200 ccm Inhalt wurde durch ein Glasrohr mit einem kleineren, als Vorlage dienenden Gefäß verbunden, welches mit zwei Platinelektroden versehen war. Die Widerstandscapacität des letzteren Gefäßes bei der Füllung zu verschiedenen Höhen war mittels höchst verdünnter Salmiak-

1) Elektrotechn. Ztschr. April 1885, S. 137.

2) Sitzungsberichte der kgl. preuß. Akad. d. Wissensch. zu Berlin. 1884. Nr. XL. XLI. (23. October), S. 961.

Lösung von bekannter Leitungsfähigkeit bestimmt worden. Durch ein noch offnes Zuflußrohr erhielten dann die beiden verbundenen Gefäße eine frische Füllung mit einer passenden Menge schon sehr reinen Wassers; dann wurde das Zuflußrohr mit der Quecksilber-Luftpumpe verbunden und das Wasser im Vacuum zum Sieden gebracht. Als das Sieden aufgehört, ließ man das Wasser noch etwa eine Viertelstunde lang unter beständigem Schütteln bei mäßiger Temperatur verdampfen; gekühlte Schwefelsäure nahm die Wasserdämpfe auf. Schließlich wurde das Zuflußrohr abgeschmolzen. Kohlrausch schätzt das erhaltene Vacuum auf höchstens 0·01 mm Quecksilbersäule. Unter Anwendung eines Heizbades von 30° bis 45° und eines Kühlbades zwischen 0° und — 8° wurden alsdann aus dem zu etwa zwei Dritteln gefüllten größeren Gefäß 6 bis 8 ccm in das kleinere überdestillirt. Während nun die Quecksilber-Capacität der beiden angewandten Apparate bei normaler Füllung nur 0·00002 Siemens-Einheiten betrug, hatte doch die Wasserfüllung bis zu 800 000 Siem. Widerstand. Zur Messung wurden nicht Wechselströme, wie bei früheren Versuchen, sondern sehr kurz dauernde Stoßströme mit einem höchst empfindlichen, rasch schwingenden Galvanometer angewandt.

Uebrigens blieb auch im Vacuum der Widerstand eines Destillates nicht constant, er wurde allmählich geringer. In dem einen Gefäß war diese Abnahme sehr beträchtlich: 5 Minuten nach Beendigung des Destillirens betrug der Widerstand 700 000 Siem., nach weiteren 10 Min. nur noch 400 000, nach 1 Stunde 250000, nach 3 Stunden 90000 und nach 15 Stunden bloß noch 28 000 Siem., also den 25. Theil des ersten Werthes.

Kohlrausch zieht aus den verschiedenen Versuchen den Schluß, daß das *Leitungsvermögen des Wassers bei 18° dem vierzigtausendmillionsten Theile von dem des Quecksilbers gleich kommt*, so daß also ein um die Erde gelegter Quecksilberfaden dem elektrischen Strome denselben Widerstand entgegensetzen würde, wie ein gleich dicker Wasserfaden von 1 mm Länge. Eine Wassersäule von 1 qmm Querschnitt und 1 m Länge besitzt demnach einen Widerstand von fast 4000 Millionen Ohm: um denselben Widerstand zu geben, müßte ein gleich dicker Kupferdraht eine Länge von 240

Millionen Kilometer besitzen, eine Strecke, zu deren Zurücklegung das Licht etwa 2·2 Stunden gebraucht.

Meteorologie.

Aus dem weiten Gebiete dieser Disciplin werden wir nur die prachtvollen

Dämmerungserscheinungen

in den Kreis unserer Betrachtung ziehen, welche in den letzten Monaten des Jahres 1883, sowie im Anfang von 1884 die allgemeine Aufmerksamkeit in den verschiedensten Gegenden der Erde auf sich lenkten.

Als einen Vorläufer dieser Lichtphänomene hat man mehrfach die eigenthümliche Färbung der Sonne angesehen, die Anfang September 1883 in Indien beobachtet wurde. So wird aus Colombo (Ceylon) vom 9. September berichtet, daß dort gegen Abend der Himmel bewölkt gewesen und häufige Böen über die See gegangen seien. Nach einer solchen trat die Sonne mit glänzend grüner Farbe aus dem Gewölk. Sie stand damals ungefähr 10° über dem Horizonte, aber ihr Licht war so gedämpft, daß man ohne Beschwerde hineinsehen konnte; nach dem Bericht eines Augenzeugen soll die Lichtstärke kaum halb so groß als die des Vollmonds gewesen sein. Am 10. und 11. bot die Sonne Abends denselben Anblick, am 12. aber war der Himmel bedeckt und am 13. war nichts Ungewöhnliches an der Sonne zu bemerken. Von andern Beobachtern an verschiedenen Orten Ceylons wird berichtet, daß die Sonne auch beim Aufgang grün gefärbt erschien, später aber nahm sie eine blaue Farbe an, brennendem Schwefel gleich, bis sie in größerer Höhe als etwa 20° nicht mehr mit bloßem Auge betrachtet werden konnte. Aber das Sonnenlicht hatte auch während des ganzen Tages einen bläulichen Schein. Auch der Mond wurde in ähnlicher Weise afficirt.[1]) Ganz ähnlich lauten die Schilderungen aus Madras und andern Orten des Indischen Festlands. Die Sonne wird als vollkommen strahlenlos, von silberähnlichem Aussehn beschrieben, und sie nahm dieses Aussehn schon zeitig Nachmittags an; wenn sie sich aber dem Horizont näherte, färbte sie sich grün und ging als grasgrüne Scheibe unter.

1) Nature XXIX, p. 7.

Denselben Anblick bot sie auch beim Aufgang. Dabei war sie völlig scharf begrenzt, und man konnte mit bloßem Auge Flecken auf ihr erkennen. In Madras waren diese farbigen Sonnenauf- und Untergänge vom 9. bis 14. September und dann wieder am 22. und den folgenden Tagen sichtbar; später nahm die Sonne eine mehr goldgrüne Farbe an[1].)

Das Phänomen der grünen Sonne war ein sehr weit verbreitetes. Im Norden der Indischen Halbinsel erstreckte es sich bis Rajamundry und Simla; doch kennt man für diese Orte das Datum nicht. Der Capitän der „Cleomene" sah Sonne und Mond grün am 9., 10. und 11. zwischen 8 und 16° n. Br. und 83° 30′ bis 88° 40′ östl. Länge; auf dem Dampfer „Pelican" wurde in 10° 4′ nördl. Br. und 64° 12′ östl. L. der Mond in der Nacht des 9. und die Sonne am Morgen des 10. September grün gesehen. In Honolulu hatte die Sonnenscheibe vorm Untergange eine grüne Farbe am 4. und 5. September; am 4. September bemerkte der Führer der „Jennie Walker" eine grünliche Färbung der Sonne in 8° 20′ nörd. Br. und 155° 28′ westl. Länge. Aber noch früher, nämlich am 2. September, zeigte die Sonne in Venezuela und Columbien, am 2. und 3. in Panama und bereits am 1. in Cape Coast Castle eine blaue oder grüne Farbe. Am 20. September wurde die grüne Färbung wieder beobachtet in 12° 10′ nördl. Br. und 48° 26′ östl. Länge, und vom 22. an machte sich dieselbe fast überall im südlichen Indien wieder geltend; Hicks Pascha bemerkte die grüne Sonne im Aegyptischen Sudan am 24. September[2]), und zu Hankow in China wurde sie am 17. November und 29. December beobachtet; im letzteren Falle folgte ihr eine prachtvolle Abendröthe.[3])

Professor C. Michie Smith in Madras hat das Spectrum der grünen Sonne wiederholt untersucht und eine starke Absorption am rothen Ende gefunden, so daß die Linien A und a unsichtbar blieben und selbst B eine halbe Stunde vor Sonnenuntergang nur schwer zu erkennen war; dagegen war das sogenannte Regenband (vgl. dieses Jahrb. XII, S. 187),

1) Nature XXIX, p. 28, 54.

2) Vgl. die Zusammenstellung von Smith in Nature XXX, p. 347.

3) Nature XXIX, p. 436.

welches Smith während der letzten 6 bis 7 Jahre regelmäßig täglich beobachtet hat, sehr stark entwickelt, und das Gleiche gilt von einigen andern Linien, die der Anwesenheit von Wasserdampf in der Atmosphäre zugeschrieben werden.

Anfang September erscheinen auch bereits die prachtvollen rothen Färbungen des Abendhimmels, und zwar zuerst in Westindien: am 2. September hatte die Sonne in Port of Spain auf Trinidad das Aussehen einer blauen Kugel, und nach Sonnenuntergang nahm der Himmel eine so rothe Farbe an, daß man an ein großes Feuer dachte. Auch zu Cristobal in Venezuela, auf St. Thomas und in Peru wurden an diesem Tage Färbungen der Sonne und auffallende Dämmerungserscheinungen bemerkt. Einem Briefe aus Santiago (Chile) vom 30. October zufolge[1]) hatte man dort bereits seit 2 Monaten das seltene Schauspiel einer mehrere Stunden anhaltenden Morgen- und Abendröthe, so daß die Erscheinung sich dort auch schon Anfang Septembers gezeigt haben muß. In Honolulu wurde solche zuerst am 5. September von Bishop beobachtet: noch um 7 Uhr, zu einer Zeit wo sonst jede Spur von Färbung am Westhimmel verschwunden, war der Himmel von SW. bis W. mit einem düstern Roth und dunklen Gelb überzogen, wie von einer fernen Feuersbrunst herrührend, das sich bis zu einer Höhe von 12 bis 20° erstreckte und bis 7¼ Uhr dauerte. Dieselbe Erscheinung wiederholte sich und war besonders schön am 30. September.[2])

Seit Mitte September traten diese Dämmerungserscheinungen auch in Australien auf, wo sie im October und November sich zu höchster Pracht entwickelten, aber auch noch im Februar 1884 andauerten. Uebrigens waren die Erscheinungen früh vor Sonnenaufgang fast noch großartiger als Abends. So gedenkt der Astronom Ellery aus Melbourne eines Sonnenaufgangs, den er im Januar 1884 aus einer Höhe von 3000 Fuß beobachtete[3]). Nach O. konnte der Blick über eine weite Ebene schweifen bis zu den gegen 50 km entfernten Gebirgen; über ihr schwebte ein leichter Nebel mit anscheinend schwach bewegter Oberfläche. Eine halbe Stunde vor Sonnen-

1) Meteorologische Zeitschrift I, S. 158.
2) Nature XXIX, p. 174.
3) Nature XXIX, p. 548.

aufgang färbte sich der Himmel bis fast zum Zenith hinauf intensiv roth, und der Nebel gewann das Aussehen eines Meeres von Blut. Alle Gegenstände, Bäume, Felsen, Gebäude waren mit demselben düstern Roth überzogen; doch war die Helligkeit nicht ausreichend, um bequem lesen zu können.

Am 21. September wurde die abendliche Röthung des Himmels am Cap der Guten Hoffnung wahrgenommen. Besonders prächtig gestaltete sich dieselbe im October in der Karoo-Ebene, wo die Atmosphäre immer klar, Nebel unbekannt ist. Der Sonnenuntergang ist hier immer sehr schön, geht aber rasch vorüber. Allgemein fiel dort die intensiv rothe, wohl eine Stunde nach Sonnenuntergang dauernde Beleuchtung des westlichen Himmels auf.[1])

In den Vereinigten Staaten traten die prächtigen Abend- und Morgendämmerungen zuerst am 20. October auf, besonders glänzend entwickelten sie sich aber seit dem 23. und 24. November, namentlich vom 27. bis 29.

Inzwischen hatten sie auch in Europa die allgemeine Aufmerksamkeit erregt, und zwar zuerst in England, wo sie seit 9. November auftraten. Auf dem Continente konnte man sie aber infolge der Witterungsverhältnisse erst gegen Ende des Monats in größerem Glanze beobachten. Mehrfach wurden sie anfangs für Nordlicht-Erscheinungen gehalten. So in Paris, wo am 26. November von 6 bis 7 Uhr Abends die Thürme und Giebel wie mit bengalischen Flammen roth beleuchtet wurden, und in Pera, wo nach einer Zeitungsnotiz vom 8. December alltäglich seit 28. November beim Auf- und Untergang der Sonne eine intensive hochrothe Färbung des Horizonts in der Gegend der Sonne bemerkt wurde. Dieselbe Erscheinung hatte man auch in Angora.

Mehrere Monate hindurch wiederholten sich diese prächtigen Morgen- und Abendröthen und noch im Februar 1884 konnten sie beobachtet werden. Vielerorten unterbrach freilich das schlechte Wetter die Beobachtungen.

Eine sehr treffende Schilderung des Verlaufs der abendlichen Lichterscheinung hat Prof. Cl. Heß in Frauenfeld in folgenden Worten gegeben[2]): „Als am 30. November einige

1) Nature XXIX, p. 103.
2) Ztschr. d. Oesterr. Ges. f. Meteorologie XIX, S. 20.

Minuten nach 4 Uhr die Sonne sich in vollständig klarer Luft unter den WSW.-Horizont gesenkt hatte, entwickelte sich um den Untergangspunkt ein Lichtspiel von seltener Herrlichkeit. Um den genannten Punkt, dessen nächste Umgebung orangefarbig und ins Röthliche schimmernd war, reihten sich gelbe, grüne, blaue und schließlich intensiv violette Segmente, deren oberste Grenzen bis 30° Höhe erreichten. Allmählich verschwanden die innersten Schichten; sich concentrisch verengend näherten sich die äußern Segmente dem Untergangspunkte, bis schließlich um 5 Uhr nur der letzte Ring in purpurrother Färbung die Landschaft in eine Beleuchtung versetzte, wie sie schöner nicht gedacht werden kann. Rings um den Horizont hatte sich inzwischen ein röthlich-violetter Streifen gebildet, der sich um ½6 Uhr im O. trennte, um binnen wenigen Minuten gegen das Beleuchtungscentrum hin zu verschwinden. Um 5 Uhr 30 Min. verschwand der letzte rothe Schein, um 6 Uhr war auch jeder helle Schimmer gewichen und der Schauplatz dem übrigen Himmelsraum gleich geworden." Am andern Morgen wiederholten sich dieselben Vorgänge in umgekehrter Folge mit nahezu gleicher Pracht; die Erscheinung begann 1 St. 52 M. vor Sonnenaufgang.

Was nun die Deutung dieser Erscheinungen anlangt, so hat besonders Prof. Wilh. v. Bezold in München darauf aufmerksam gemacht, daß dieselben in allen wesentlichen Punkten mit den normalen Dämmerungserscheinungen übereinstimmen. „Die Einzelheiten im Verlaufe dieser Phänomene", so schreibt er [1]), „erscheinen mir großentheils als alte Bekannte, die sich nur durch ungewöhnlichen Glanz und seltene Pracht von jenen unterschieden, wie ich sie bei normalen Dämmerungen zu sehen gewöhnt war." Freilich sind die „normalen Dämmerungserscheinungen" nur Wenigen aus eigener Beobachtung genauer bekannt, da sie auch bei wolkenlosem Himmel keineswegs immer leicht zu verfolgen sind. Nach der Schilderung, die v. Bezold schon 1864 (im 123. Bd. von Poggend. Ann.) gegeben hat, sind dabei folgende Haupterscheinungen zu unterscheiden:

1. Das helle Segment auf der Seite des Himmels, an welcher sich unterm Horizont die Sonne befindet, von den

1) Ztschr. der Oesterr. Ges. f. Meteorologie XIX, S. 72.

höhern Theilen des Himmels durch eine besonders helle Zone, den Dämmerungsschein, geschieden, oberhalb welcher Zone der Himmel eine blaue oder purpurne Färbung hat, während man unterhalb gelbe und orange, am Horizont sogar braunrothe Töne sieht.

2. Das dunkle Segment auf der entgegengesetzten Seite des Himmels, d. h. der aschfarbene Schatten der Erde, welcher sich, solange er nur einige Grade über dem Horizonte steht, sehr scharf von dem von der Sonne erleuchteten Theil des Himmels, der sogenannten Gegendämmerung, abhebt.

3. Eine schwach leuchtende kreisförmige Scheibe, welche zur Zeit ihrer größten Helligkeit einen bedeutenden Durchmesser besitzt, von bloß purpurrother Färbung, die als „Purpurlicht“ bezeichnet werden soll. Es entwickelt sich oberhalb des hellen Segments längere Zeit vor Sonnenaufgang oder nach Sonnenuntergang, und zwar so, daß der untere Theil der Scheibe hinter dem hellen Segment versteckt zu sein scheint. Bei der Abenddämmerung sinkt das Centrum der Scheibe sehr rasch, während gleichzeitig der Radius wächst, bis schließlich die Begrenzung der Scheibe und des Segments zusammenfallen. Dabei hat man den Eindruck, als gleite das Purpurlicht hinter das helle Segment hinab. Das Purpurlicht spielt die Rolle eines sehr stark vergrößerten, aber sehr verwaschenen Sonnenbildes. Zur Zeit seiner intensivsten Entwickelung nimmt die Helligkeit im Allgemeinen sehr lebhaft zu, so daß Gegenstände wieder sichtbar werden, die man bald nach Sonnenuntergang nicht mehr unterscheiden konnte; namentlich gilt dies von Objecten auf der dem hellen Segment gegenüberliegenden Seite des Horizontes. Solche Gegenstände, welche von der untergehenden Sonne scharf beleuchtet, dann aber von dem dunkeln Segment beschattet wurden, erscheinen um diese Zeit noch einmal mit schwachem röthlichem Licht übergossen. Das Maximum dieser zweiten Beleuchtung tritt in den Alpen ein, wenn die Sonne sich 4 bis 5° unter dem Horizont befindet; um diese Zeit liegt das Centrum des Purpurlichts ungefähr 18° über dem Horizont, während sich sein Scheitel bis zu 40 und 50° erheben kann.

Sowie das Purpurlicht vollständig hinter dem hellen Segment verschwindet, erscheint auf der gegenüberliegenden Seite

des Himmels ein zweites dunkles Segment, und ebenso entwickelt sich über dem immer tiefer sinkenden hellen Segment ebenfalls noch ein zweites, das jedoch schwerer unterscheidbar ist. Bei sehr klarem Himmel läßt sich bisweilen später noch ein zweites Purpurlicht und damit ein abermaliges Anwachsen der Helligkeit, also eine dritte Beleuchtung der auf der Seite der Gegendämmerung gelegenen Gegenstände beobachten.

Die in Rede stehenden abnormen Dämmerungserscheinungen waren nun zunächst durch eine ungewöhnliche Lichtintensität ausgezeichnet. Dies gilt insbesondere von dem zweiten Purpurlicht, das für gewöhnlich nur unter günstigen Umständen und bei großer Aufmerksamkeit wahrgenommen wird, während es in den letzten Monaten 1883 und Anfang 1884 oft wie Feuerschein den ganzen Himmel bedeckte und dadurch die scheinbare Verlängerung der Dämmerung hervorrief, welche so allgemeines Aufsehen erregte. Im Uebrigen macht v. Bezold darauf aufmerksam, daß die vorübergehende Helligkeitszunahme, wie sie durch das erste und zweite Purpurlicht hervorgerufen wird, ungefähr zu denselben Zeiten eintrat, wie gewöhnlich. Insbesondere erreichte auch das zweite Purpurlicht, ganz dem gewöhnlichen Verlauf entsprechend, erst 70 bis 80 Minuten nach Sonnenuntergang seine Entwickelung.

Daß auch das Ende der abendlichen Erscheinungen bei ungefähr derselben Tiefe der Sonne unterm Horizont eintrat, wie bei einer gewöhnlichen Abenddämmerung, geht u. a. aus den Bestimmungen hervor, welche der Rev. S. Haughton der Königlichen Gesellschaft in London am 21. Januar 1884 vorlegte.[1])

Gewöhnlich wird angenommen, daß die Abenddämmerung aufhört, wenn die Sonne 18° unterm Horizont steht, und dieselbe Tiefe der Sonne giebt man auch für den Beginn der Morgendämmerung an, welche Zahl sich schon bei Strabo und Ptolemäos findet. In Frankreich nimmt man jetzt gewöhnlich nach Bravais rund 16° an. Die umfänglichsten Dämmerungsbeobachtungen hat in neuerer Zeit Jul. Schmidt in Athen angestellt, welcher im Jahresmittel 15·9° fand, aber zugleich bestimmt erkannte, daß diese Größe im Laufe eines

1) Nature XXIX, p. 470.

Jahres sich regelmäßig ändert: während sie am 1. Juni und 1. Juli in Athen nur 15·3° beträgt, ist sie am 1. Dezember 17·7°. Die entsprechenden Minimalhöhen der Erdatmosphäre sind 57 und 76 km. Aus mehreren Beobachtungen im Atlantischen Ocean zwischen 18 und 20° südl. Breite fand ferner der Astronom Behrmann 15·6°.

Die neueste Bestimmung rührt von Dr. G. Hellmann her, der aus seinen im Jahre 1877 in Südspanien ausgeführten Beobachtungen für den Depressionswinkel der Sonne am Beginn der Morgendämmerung den Mittelwerth 17° 52′, für das Ende der Abenddämmerung aber 15° 20′ findet. Dieser Depressionswinkel ist also für die Morgendämmerung größer als für die Abenddämmerung; er hat ferner eine ausgesprochene jährliche Periode mit einem größten Werth im Winter und einem kleinsten im Sommer; mit der Zunahme der Luftfeuchtigkeit wächst er. Der letztere Umstand dürfte hauptsächlich die zeitliche und örtliche Verschiedenheit dieser Größe bedingen.[1])

Aus den Beobachtungen der abendlichen Lichtphänomene zu Honolulu am 5. September, Kingstown am 25. December, Old Derrig und Dunsink am 30. Dec. findet nun Haughton die Tiefe der Sonne am Ende der Erscheinuug 18° 22′, 14° 15′, 15° 15′ und 16° 51′. Eine Beobachtung der Deutschen Seewarte in Hamburg vom 30. December führt auf 17° 20′.

Stellen sich aber auch diese Lichtphänomene im Wesentlichen als Dämmerungs-Erscheinungen, nur mit ungewöhnlicher Intensität, dar, so haben sie doch auch manches Abnorme gehabt.

Zunächst macht v. Bezold aufmerksam auf den von vielen Beobachtern beschriebenen, innen weißlichen, am Rande braungefärbten Ring von ungefähr 20° Halbmesser, der gleichzeitig die Sonne umgab. Diese Aureole um die Sonne wurde auch später noch vielerorten beobachtet; nach Forel war sie in der Schweiz bei klarem Himmel seit Anfang des Jahres 1884 aus größeren Höhen immer sichtbar, besonders deutlich im Juli und August; in der Ebene verschwand sie allerdings vielfach, wahrscheinlich weil sie durch den beleuchteten Staub in den tiefern Luftschichten verdeckt wurde.[2])

---

1) Ztschr. der Oesterr. Ges. f. Meteorologie XIX, S. 57.
2) Dies. XIX, S. 491.

Abnorm war ferner die ungewöhnlich gelbe Färbung, welche die Beleuchtung des Himmels unmittelbar vor Sonnenaufgang oder gleich nach Sonnenuntergang, besonders bei stark dunstiger Atmosphäre annahm. Auch war um diese Zeit die Beleuchtung des ganzen Himmels ungewöhnlich diffus, so daß man die Begrenzung des dunkeln Segments niemals deutlich wahrnehmen konnte, während v. Bezold früher bei den von ihm beobachteten normalen Dämmerungen diese Begrenzung meist mit großer Schärfe verfolgt hat. Das erste Purpurlicht war viel ausgebreiteter und schlechter begrenzt als gewöhnlich, ganz abnorm aber war die Ausdehnung und Intensität des zweiten.

Ueber die eigentliche Ursache dieser Erscheinungen hat man noch immer keine Gewißheit. Gleich anfangs, als die grüne Sonne in Indien beobachtet wurde, brachte man dieselbe mit den furchtbaren Ausbrüchen vulkanischer Thätigkeit in Verbindung, die Ende August in der Sundastraße stattgefunden hatten, und der Astronom Pogson in Madras sprach die Vermuthung aus, daß die grüne Färbung durch vulkanische Asche oder Schwefel-Exhalationen verursacht sein könnte. In der vulkanischen Asche, die durch Luftströmungen in den höheren Regionen der Atmosphäre nach den entlegensten Gegenden geführt worden, hat dann Lockyer auch die Ursache der prachtvollen Morgen- und Abendröthen gesucht. Diese Ansicht scheint gegenwärtig die verbreitetste zu sein, und wenn sie auch noch Manches unerklärt läßt und verschiedene Bedenken gegen sie erhoben worden sind, so dürfte sie doch unter allen bisher aufgestellten Theorien das Meiste für sich haben. Vor näherem Eingehen auf dieselbe müssen wir aber erst auf den Schauplatz jener vulkanischen Ausbrüche einen Blick werfen.[1])

In dem weiteren, südwestlichen Theil der Sundastraße zwischen Java und Sumatra liegt in 6° 9′ südl. Br. und 105° 40′ östl. L. (nach Melvil von Carnbée) die Insel Krakatau (Krakatao), auch Rakáta genannt, als südlichstes Glied einer von der Lampong-Bai (Sumatra) aus in südsüdwestlicher Richtung sich erstreckenden Inselreihe, deren andere Haupt-

1) Das Folgende ist in der Hauptsache der Darstellung entnommen, welche der von der niederländischen Regierung im October 1883 mit Untersuchung der Inseln und Küsten der Sundastraße beauftragte Bergingenieur Verbeek gegeben hat; vgl. Nature XXX, p. 10.

glieder Sebuko (5° 53′ südl. Br., 105° 35′ östl. L.) und Sibesi (5° 58′ südl. Br., 105° 33′ östl. L.) sind. Genauere Aufnahmen von Krakatau aus der Zeit vor der Katastrophe von 1883 sind nicht vorhanden; nur ein Paar Skizzen von Buijskes aus dem Jahr 1849 und von Verbeek aus dem Jahr 1880 geben eine Vorstellung von der früheren Oberflächengestalt. Darnach hatte die Insel drei Bergmassen, von denen die nördlichste, das Hügelland Perboewatan am niedrigsten war. Hier fand Verbeek verschiedene alte Lavaströme, die es wahrscheinlich machen, daß auch der Ausbruch von 1680, der einzige vor 1883, von dem wir Kunde haben[1]), an dieser Stelle stattfand, wo auch die vulkanische Thätigkeit im Mai 1883 ihren Anfang nahm. Auch die mittlere Erhebung, das mehrgipfelige Danan-Gebirge, war im August 1883 thätig. Die bei weitem bedeutendste Erhebung der Insel, der steile Pic Rakáta (822 m), blieb 1883 unthätig. Uebrigens war die völlig unbewohnte, nur zeitweilig Fischern zum Aufenthalte dienende Insel bis zum höchsten Gipfel mit Waldung bedeckt.

Nahe bei Krakatau liegen im NW. Verlaten Eiland, im NO. Lang Eiland, und westlich hiervon lag das kleine Inselchen Poolsche Hoedje. Nach Verbeek sind Verlaten Eiland und Lang Eiland Reste eines alten Kraterringes, der Pic Rakáta ist jüngern Ursprunges und das nördliche Ende von Krakatau das jüngste Gebilde dieses versunkenen Kraters. Bei der Katastrophe im August 1883 ist Poolsche Hoedje ganz verschwunden, aber auch von den 33½ qkm der Insel Krakatau sind 23 km, der ganze nördliche Theil mit dem Perboewatan und Danan sowie die Hälfte des Rakáta, in die Tiefe gesunken. Letzterer ist gespalten worden, und auf der Nordseite hat sich eine steile Felswand von mehr als 800 m Höhe gebildet. An der Stelle des nördlichen Theils von Krakatau hat jetzt das Meer im Allgemeinen 200 m, an einzelnen Stellen auch 300 m Tiefe. Der übrig gebliebene Theil der Insel ist aber durch einen großen Ring vulkanischer Producte auf der Süd- und Südwestseite bis zu 15⅓ qkm angewachsen, und ebenso ist auch Lang Eiland von 2·9 auf 3·2 qkm, Verlaten Eiland aber von 3·7 auf 11·8 qkm gewachsen.

1) Vgl. Joh. Wilh Vogels Zehnen-Jährige Ost-Indianische Reise-Beschreibung. Altenburg 1705. 2. Th. S. 182.

Nachdem der Krakatau seit 1680 keinen Ausbruch gehabt, erfolgte ein solcher ganz unerwartet am 20. Mai 1883, und nun dauerte die vulkanische Thätigkeit mit wechselnder Intensität fort bis sie am 26. August rasch an Heftigkeit zunahm, um am nächsten Tage ihren Höhepunkt in der Katastrophe zu erreichen, welche die ganze Insel umgestaltete; dann wurden die Explosionen schwächer und hörten am 28. ganz auf. Es haben übrigens nur auf Krakatau, aber weder auf Sibesi, noch an den Küsten der Sundastraße im Sommer 1883 vulkanische Eruptionen stattgefunden.

Der erste Ausbruch wurde aus nächster Nähe von der deutschen Kriegs-Corvette „Elisabeth" beobachtet. Er erfolgte um 10 1/2 Uhr. Eine mächtige Säule, anfangs von schneeweißer Farbe, also wohl Dampf, allmählich aber durch in ihr aufsteigende schwarze Streifen sich dunkler färbend, stieg mit großer Geschwindigkeit empor, um in einer Höhe, die nach Messung über 10 km betrug, sich auszubreiten, bis Nachmittags 3 1/2 Uhr der ganze Himmel bedeckt war. Von da an fiel mit SO.-Wind ein feiner Aschenregen bis Abends 9 1/2 Uhr. Durch die Aschenwolke gesehen glich die Sonne einer hellblauen Ampel.

Zur Zeit des ersten Ausbruches hörte man in Batavia und Buitenzorg ein Dröhnen und dazwischen einzelne Knalle, wie Kanonenschüsse. Die Explosionen wurden am stärksten am 22. Mai 5 1/2 Uhr Morgens und hörten in der folgenden Nacht ganz auf. Sie wurden in nordwestlicher Richtung noch in Singapore, 835 km vom Krakatau entfernt, gehört; auf noch viel weitere Entfernungen aber war das Getöse der Eruption vom 27. August hörbar, nämlich bis Ceylon, Birmah, Manilla, Doreh auf Neu-Guinea und Perth an der Westküste von Australien, also innerhalb eines mehr als 1/15 der ganzen Erdoberfläche umfassenden Kreises von 30° oder 3300 km Halbmesser. Noch nie in historischer Zeit ist eine Eruption über ein so weites Gebiet zu hören gewesen; selbst der Ausbruch des Tombora auf Sumbawa im Jahr 1815 wurde nur innerhalb eines Kreises von 15° Halbmesser gehört.

Bemerkenswerth ist, daß die heftigsten Explosionen nicht allerorten zu gleicher Zeit gehört wurden, z. B. am 27. August in Buitenzorg 1/47, in Batavia 8 1/2 Uhr, in Telok Betong 10 Uhr morgens. Dazu kommt noch, daß bisweilen an Orten

in größerer Nähe des Krakatau wenig oder nichts gehört wurde, während in größerer Entfernung der Schall sehr deutlich war. Theilweise ist dies eine Folge der Windrichtung gewesen; wenn aber von Orten, die in derselben Richtung liegen, wie Anjer und Batavia, der dem Vulkan zunächst gelegene nichts hörte, während an den entfernteren der Schall der Explosion laut wahrnehmbar war, so hat man dies zweifellos der großen Menge von Aschentheilchen in den tieferen Luftschichten zuzuschreiben. Eine dichte Aschenwolke zwischen Krakatau und Anjer mußte auf die Schallwellen wie ein dickes, weiches Kissen wirken und dieselben von den unmittelbar dahinter liegenden Orten abhalten, während sie daneben und darüber vorbei nach entlegenen Orten gehen konnten.

Außer den Schallschwingungen entstanden aber während der Explosionen auch noch Luftschwingungen von sehr großer Wellenlänge, welche bedeutende mechanische Wirkungen ausübten. Die stärksten derselben theilten sich den Gebäuden und Zimmerwänden mit, und alle an letzteren oder an den Decken hängenden Gegenstände geriethen in Bewegung. In Batavia und Buitenzorg, 150 km von Krakatau entfernt, fingen Thüren und Fenster an zu klappern, Uhren blieben stehen, Hängelampen fielen sammt Glocken und Cylindern klirrend zu Boden ꝛc. Selbst noch in entlegeneren Gegenden, z. B. in Alkmaar, 830 km von Krakatau entfernt, entstanden Sprünge in Gebäuden. Dabei ist nirgends mit Sicherheit ein Erdbeben beobachtet worden.

Die kräftigsten dieser Luftwellen haben sich aber vom Krakatau aus über die ganze Erde verbreitet und sind in den Aufzeichnungen der selbst registrirenden Apparate der meteorologischen Hauptstationen als barometrische Schwankungen auffällig geworden. Nachdem R. H. Scott im Dezember 1883 die Aufmerksamkeit der Königlichen Gesellschaft in London auf die gegen Ende August beobachteten barometrischen Schwankungen gelenkt hatte, zeigte General Strachey, daß dieselben durch den Ausbruch des Krakatau verursacht seien [1]) und daß an manchen Orten siebenmal dieselbe Welle sich geltend gemacht habe, so in Valencia, das vom Krakatau auf dem größten Kreise

1) Nature XXIX, p. 181.

in der Richtung von W. nach O. 249° 31′, in der Richtung von O. nach W. aber 110° 29′ entfernt ist, 13 Stunden 55 M., 26 St. 30 M., 50 St. 50 M., 62 St. 5 M., 87 St. 55 M., 96 St. 10 M. und 124 St. 25 M. nach Mitternacht am 26. August. Hier kommt die erste, dritte, fünfte und siebente Störung auf Rechnung der Welle, die von O. nach W. um die Erde lief, und aus je zwei aufeinander folgenden Zeiten erhält man 36 St. 55 M., 37 St. 5 M. und 36 St. 50 M., also im Mittel 36 St. 57 M. als Dauer eines Umlaufes von O. nach W. um die Erde, während sich aus den übrigen Durchgangszeiten für den Umlauf von W. nach O. im Mittel 34 St. 50 M. ergeben. Als allgemeine Mittelwerthe aus den Aufzeichnungen an 12 verschiedenen Orten fand Strachey für den Umlauf von O. nach W. 36 St. 57 M. und für den von W. nach O. 35 St. 17 M. Demnach würde die Fortpflanzungsgeschwindigkeit von O. nach W. stündlich 1085 km, in der Richtung von W. nach O. aber 1137 km, also im Mittel 1111 km sein. Die verschiedene Geschwindigkeit in entgegengesetzten Richtungen erklärt sich sehr einfach, wenn man annimmt, daß eine westliche Windströmung mit einer Geschwindigkeit von 26 km stündlich sich der Bewegung von O. nach W. entgegenstellte.

Nach demselben Verfahren hat Rykatcheff aus den barometrischen Aufzeichnungen von 31 Stationen die stündliche Geschwindigkeit der Luftwelle in der Richtung von O. nach W. 1092, in der entgegengesetzten 1138 km gefunden.[1])

Sonach ist die vom Krakatau erregte Luftwelle fast mit der Geschwindigkeit des Schalles (ungefähr 1200 km stündlich) drei bis viermal um die Erde gelaufen.

Von diesen atmosphärischen Störungen würde man in Ermangelung eines selbstregistrirenden Barometers in Batavia gar nichts bemerkt haben, wenn nicht die Gaswerke mit einem Indicator versehen wären, der den Gasdruck auf ein, um einen rotirenden Cylinder gewickeltes Papier aufzeichnet. In diesen Aufzeichnungen machten sich nun jene Wellen als Schwankungen geltend, und da das Papier mit Stundenlinien versehen war, so ließ sich die Zeit des Eintreffens in Batavia feststellen,

1) Bulletin de l' Acad. des sc. de St. Petersbourg. Vol. XXIX, No. 2; Auszug in Nature XXX. p. 155.

und aus ihr fand Verbeek als Zeiten der heftigsten Explosionen 5 Uhr 35 M., 6 Uhr 50 M., 10 Uhr 5 M. und 10 Uhr 55 M. am 27. August Vormittags mittl. Zeit von Batavia. Von diesen war die Explosion um 10 Uhr 5 M. bei weitem die heftigste.

Eine andere Wirkung der Katastrophe waren die gewaltigen Meereswellen, welche die flachen Gegenden an der Sundastraße und an der Nordküste von Java überschwemmten und denen mehr als 36000 Menschen zum Opfer fielen. Genaue Zeitangaben über die Bildung dieser Wellen sind nur spärlich vorhanden, weil ihr Herannahen bei der vom Aschenregen verursachten Finsterniß fast nirgends beobachtet wurde. Nur zu Tjiringin konnte man sie am Morgen des 28. August vor 10 Uhr, vorm Einbruch der Finsterniß, anrücken sehen. Da nun dieser Ort 47 km von Krakatau entfernt liegt, so kann diese Fluthwelle nicht vor 9 Uhr 50 oder 55 Minuten entstanden sein. Nach Verbeeks Ansicht mag kurz vor 10 Uhr am Morgen des 27. ein Zusammensturz eines der thätigen Krater oder auch beider stattgefunden haben, und dann mag auch die nördliche Hälfte des südlichen Pic, deren Volumen Verbeek auf mindestens 1 ckm schätzt, ins Meer gestürzt sein, welcher Sturz wahrscheinlich die Ursache der großen Fluthwelle gewesen ist, die sich bis nach Ceylon, Aden, Mauritius, Port Elisabeth in Südafrika fortpflanzte, und deren Spuren selbst noch an der französischen Küste wahrgenommen worden sind. Die Geschwindigkeit derselben ist eine sehr verschiedene gewesen, je nach der verschiedenen Meerestiefe. An den steilen Klippen der Sundastraße ist sie hoch emporgestiegen, so am Leuchtthurm von Blakken Hoek 15 m, zu Telok Betong 22 m, am Apenberg (Grenoeng Koenijit) 24 m, an der Südseite der Insel Dwars in den Weg ungefähr 35 m, 2 km von Merak entfernt 36 m rc.

Außer dieser großen Welle wurden noch eine Anzahl kleinerer beobachtet, so am 26. abends nach 5 Uhr, ferner zwei in der Nacht und eine am 27. früh 6 Uhr, welche Anjer zerstörte. Verbeek glaubt nicht, daß dieselben durch theilweise Einstürze des Vulkanes erregt worden seien, weil dann früher hätte Schlammregen eintreten müssen, der zuerst am 27. nach 10 Uhr vormittags in Serang beobachtet worden ist. Wahr-

scheinlich sind sie die Folge des Sturzes von Auswurfmassen in das Meer. Die Gesammtmenge dieser festen Massen veranschlagt Verbeek auf ungefähr 18 ckm mit einem Gewicht von 12 Billionen kg, und davon sind ungefähr 12 ckm innerhalb eines Kreises von 14 km um Krakatau niedergefallen. Begreiflicherweise mußte schon der gleichzeitige Sturz von nur 1 ckm eine mächtige Welle erzeugen.

Uebrigens ist die Gesammtmenge der Eruptivmassen bedeutend kleiner als beim Ausbruch des Tombora 1815; nach Junghuhn betrug sie damals 317 ckm, und wenn Verbeek diese Zahl auch für zu hoch hält, so schätzt er die Quantität der Auswurfmassen des Tombora doch noch auf 150 bis 200 ckm. Bei dieser Eruption war aber auch zu Madura, 500 km entfernt vom Vulkan, die Sonne drei Tage lang durch die vulkanische Asche vollständig verfinstert, während im August 1883 die Finsterniß nirgends länger als einige Stunden anhielt.

Lavaströme befinden sich nicht unter den dem Krater des Krakatau 1883 entstiegenen Massen, das meiste ist Bimstein und außerdem vulkanische Asche. Letztere, die uns hier vorzüglich interessirt, ist vielfach untersucht worden und sie hat sich unterm Mikroskop in der Hauptsache als aus äußerst kleinen und feinen, mit zahlreichen, dichtgedrängten Blasenräumen erfüllten Glassplitterchen bestehend erwiesen, denen kleine Krystalle von Feldspath, wahrscheinlich Plagioklas, grünem monoklinen Augit, rhombischem Pyroxen (Bronzit oder Hypersthen) und Magnetitkörnchen beigemengt sind.[1]) Die poröse Beschaffenheit mußte die Aschentheilchen befähigen lange Zeit in der Luft zu schweben. Man hat nun auch in dem anderwärts, nicht in der Nähe des Krakatau, zur Zeit der prachtvollsten Entwickelung der Dämmerungsphänomene gesammelten atmosphärischen Staub Theilchen zu erkennen geglaubt, die mit den Bestandtheilen der Krakatau-Asche übereinstimmen.

So beobachtete Macpherson in dem Absatz des Schmelzwassers von Schnee, der am 7. December in Madrid gefallen war, außer den unzweifelhaft benachbarten Gebirgen entstammenden Glimmer- und Quarztheilchen ꝛc. noch Hypersthen und gemeinen Pyroxen von gelber Farbe, sowie Körperchen, die nicht

---

2) Vgl. Reusch, „Vulkanische Aschen von den letzten Ausbrüchen in der Sundastraße" im Neuen Jahrb. f. Mineralogie ꝛc. 1884, S. 78.

auf das polarisirte Licht wirkten und voller kuglicher Concretionen waren [1]. Noch bestimmter bezüglich der Aehnlichkeit mit der Asche des Krakatau lauten die Angaben, welche Beyerinck über einen grauen Niederschlag macht [2], der am 13. December nach einem Regenschauer auf Fensterscheiben der holländischen Stadt Wageningen zurückgeblieben war. Dagegen hat freilich die Untersuchung des atmosphärischen Staubes an manchen andern Orten nur negative Resultate geliefert. So konnte Dr. R. Assmann in Magdeburg trotz sorgfältigster Vergleichung des in Magdeburg gesammelten Staubes mit Proben der von der Corvette „Elisabeth" am 27. August gesammelten Krakatau-Asche keinerlei gemeinsame charakteristische Formen auffinden. Auch die aus den Schneedünen des Brocken gesammelten Staubproben lieferten kein besseres Ergebniß.[3]

Daß aber Staubtheilchen in der Atmosphäre, insbesondere vulkanische Asche, Erscheinungen wie das Himmelsglühen vor Sonnenaufgang und nach Sonnenuntergang bewirken können, wird durch den Umstand wahrscheinlich gemacht, daß man auch nach manchen früheren Vulkanausbrüchen ähnliche Phänomene beobachtet hat.

Insbesondere war dies im Jahre 1831 der Fall, als zwischen 19. Juli und 16. August im Mittelländischen Meer zwischen der Küste von Sciacca und der Insel Pantelleria eine später wieder verschwundene Insel, Julia oder Grahams Island, aufgeschüttet wurde. Wie Davy berichtet [4]), nahm auf Sicilien wie in England im August der westliche Himmel bald nach Sonnenuntergang eine düster rothe Farbe an, die sich bis fast zum Zenith erstreckte und, allmählich an Intensität und Ausbreitung abnehmend, länger als die gewöhnliche Dämmerung dauerte. Der Hauptausbruch erfolgte am 7. August. Als nun am 11. und 12. ein Orkan den Himmel geklärt hatte, schien die Sonne auf den Bermuden blau, und am 13., 14., 15. hatten die Sonnenstrahlen in Mobile eine blaßblaue oder violette, bisweilen auch seegrüne Färbung. Im October erregten die prachtvollen Dämmerungs-Erscheinungen in Wa-

1) Nature XXIX, p. 224.
2) Nature XXIX, p. 175, 308 mit Abbild.
3) Meteorolog. Ztschr. I, S. 196.
4) Philos. Transactions for 1832, p. 252.

shington allgemeines Aufsehen. Dasselbe war in Alexandria in Virginien am 12. October der Fall, wo am nächsten Tag Mittags die Sonne silberweiß, zwischen 3 und 4 Uhr aber blaugrün erschien. Gefärbte Dämmerungs-Erscheinungen wurden damals auch in Odessa, Rom, Genua, an zahlreichen Orten Deutschlands, sowie in Madrid beobachtet. Ungefähr an derselben Stelle des Mittelmeeres fand auch am 12. August 1863 wieder ein submariner Ausbruch statt, und gerade in diesem Monat wurde v. Bezold durch die Pracht der Dämmerungserscheinungen zu genauer Beobachtung derselben angeregt. Ebenso wurde Oberst Stuart-Wortley 1862 in Süditalien durch die ungewöhnliche Färbung der Abenddämmerungen während und nach den vulkanischen Eruptionen des Vesuv überrascht.[3])

Auch im Sommer 1783 um die Zeit des Erdbebens von Calabrien hatte die Sonne ein strahlenloses Aussehen und verbreitete ein rostfarbenes Licht, besonders aber war die blutfarbige Färbung beim Auf- und Untergang auffallend. Mary Sommerville hat diese Erscheinungen in ihrer „Physischen Geographie" dem Ausbruch des Skaptar Jökul auf Island zugeschrieben, der den 8. Mai begann und bis in den August dauerte, dabei Wolken von Asche und Wasserdampf über Nordeuropa verbreitend.

Wenn wir nun gesehen haben, zu welch' enormer Höhe die Rauchsäule des Krakatau bei dem ersten Ausbruche emporstieg und wenn wir das ungeheure Quantum von lebendiger Kraft berücksichtigen, welches nöthig war, um die Luftwelle vom 27. August 1883 mehr als dreimal um die Erde zu treiben, so kann uns die weite Verbreitung der Asche in der Atmosphäre über einen großen Theil der Erdoberfläche nicht befremden. Wird doch auch der ostfriesländische Höhenrauch unter günstigen Umständen bis nach Spanien, Italien und Griechenland fortgeführt.

Ueber die Einzelheiten, wie über das Quantum von Staubtheilchen, welches nöthig ist, um die Verschleierung der Sonne, die grüne oder blaue Färbung derselben oder die ungewöhnliche Pracht der Dämmerungs-Erscheinungen zu erzeugen, sind wir freilich nicht unterrichtet. Es mögen auch vielleicht noch

1) Nature XXIX, p. 180.

andere Kräfte, etwa elektrische, thätig gewesen sein, um die Staubtheilchen längere Zeit in der Luft zu erhalten. Für Lockyer's Theorie spricht aber die Thatsache, daß das merkwürdige Aussehen der Sonne und die ungewöhnlichen Dämmerungs-Erscheinungen nicht vor der Eruption des Krakatau, wohl aber unmittelbar nach der großen August-Katastrophe beobachtet worden sind und sich rasch über die Tropenzone verbreitet haben. Wenn man zugiebt, daß jene Erscheinungen durch die Krakatau-Asche hervorgerufen wurden, so läßt der Weg der großen Aschenwolken westwärts über die Seychellen, die Goldküste (Cape Coast Castle), nach Trinidad, Panama, der Fanning-Insel bis Strong-Island, wo sie am 7. Sept. ankam, sich deutlich verfolgen. Ein weniger dichter Theil der Wolke ging dabei auch über die nördlicher gelegenen Sandwichs-Inseln, während die Hauptmasse in der Nähe des Aequators blieb. Nicht unterrichtet sind wir dagegen über die Umstände, welche den Eintritt jener Erscheinungen in höheren Breiten um Monate verzögerten. Möglicherweise sind auch dieselben hier ganz oder theilweise eine Folge des Ausbruches des Mount St. Augustin in Aljaska am 6. October 1883.[1])

Andererseits hat man die in Frage stehenden Erscheinungen durch die Anwesenheit großer Mengen Wasserdampf oder auch durch einen Schleier von unendlich vielen feinen Eisnadeln in den höheren Schichten der Atmosphäre erklären wollen, und man hat keinen Anstand genommen für den Wasserdampf wie für die Eisnadeln einen kosmischen Ursprung, Verdampfung von Kometen u. dergl. anzunehmen. Es erscheint indessen gerathen, von kosmischen Ursachen abzusehen so lange sich die Möglichkeit bietet, die Erscheinungen auf terrestrische Vorgänge zurückzuführen.[2])

---

1) Vgl. den Bericht von Davidson in Nature XXIX, p. 441.

2) Zahlreiche Berichte über die besprochenen Erscheinungen enthält die englische Zeitschrift „Nature“ XXIX bis XXXI; ferner hat Dr. Neumayer in der Meteorolog. Ztschr. I, S. 1, 49, 156 181, 277, 311 eine chronologisch geordnete Zusammenstellung nicht bloß des schon anderweit veröffentlichten, sondern auch des bei der deutschen Seewarte eingegangenen Materiales gegeben. Eine vollständige Sammlung aller vorhandenen Berichte hat die Königl. Ges. in London unternommen.

III.

Chemie und chemische Technologie.

Verdichtung der Gase.

Die Verdichtung der Gase ist seit einer größeren Reihe von Jahren das Ziel einer großen Anzahl wissenschaftlicher Arbeiten von Bedeutung gewesen, und noch seit nicht gar zu langer Zeit ist dieses Ziel auch für die sogenannten permanenten Gase erreicht, die Verdichtung der Gase mithin vollständig aus dem Gebiete des Problematischen in das Gebiet des Factischen übertragen worden. Die von jeher zu diesem Zwecke angewendeten Mittel sind Druck und Erkältung. Man wendete aber gewöhnlich nur das eine oder das andere Mittel an, insbesondere den Druck. Durch bloßen Druck konnte man schweflige Säure, Chlor, Ammoniak, Schwefelwasserstoff, Aethylen u. s. w. verdichten, wobei der Druck theilweise bis zu 50 bis 100 Atmosphären gesteigert werden mußte. Auch durch bloße Erkältung gelang die Verflüssigung einer Reihe von Gasen, und in einigen Fällen wurde Kälte und Druck gleichzeitig angewendet, ohne daß man aber die Erkältung als nothwendig erkannt gehabt hätte. Die ältesten Versuche, Gase durch Druck zu verflüssigen, wurden 1823 von Faraday ausgeführt. Ihm folgten Aimé, Thilorier, Pouillet, Natterer u. A. m. nach. Faraday wendete auch eine Temperaturerniedrigung von —110° bei geringerem als dem atmosphärischen Drucke an und verflüssigte auf diese Weise Chlor, Cyan, Ammoniak, Schwefelwasserstoff, Chlor-, Brom- und Jodwasserstoff, Stickoxydul und Kohlensäure; mehrere dieser

Gase wurden sogar fest. Die ersten in größerem Maaßstabe ausgeführten Versuche, die sogenannten permanenten Gase zu verflüssigen, rühren von D. Colladon (1828) her, der bei Temperaturen bis zu —30° und einem Drucke bis zu 400 atm, aber erfolglos, arbeitete. Faraday gelangte 1845 bei Abkühlung auf —110° und einem Drucke von 27—50 atm zu dem gleichen Resultate und nahm als Grund hierfür die noch nicht ausreichend niedrige Temperatur an. Natterer endlich suchte 1850 durch colossale Vermehrung des Druckes ohne Kühlung die Verflüssigung der permanenten Gase zu erreichen, aber ebenfalls ohne Erfolg. Selbst bei 3600 atm Druck blieben Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff, Stickoxyd, Kohlenoxyd und Methan gasförmig.

Wie erwähnt, hatte bereits Faraday den richtigen Grund für die Permanenz der letztgenannten Gase vermuthungsweise ausgesprochen: es fehlte die nöthige Abkühlung. Im Jahre 1869 war es Andrews, welcher dieser Vermuthung den experimentellen Nachweis und gesetzmäßigen Ausdruck verlieh. Er erkannte nämlich, daß oberhalb einer gewissen Temperatur, die für jedes Gas eine bestimmte ist, durch Druck die Verflüssigung des Gases nicht mehr herbeigeführt werden kann, daß vielmehr alsdann durch Compression ein unmerklicher Uebergang des gasförmigen in einen eigenthümlichen Zwischenzustand stattfindet, der sich durch ein starkes Aufbrausen des Gases bei plötzlicher Druckverminderung kennzeichnet. Jene Temperatur, oberhalb welcher durch Druck keine Verflüssigung erzielt werden kann, wurde von Andrews als kritischer Punkt bezeichnet. Es folgt aus dieser Eigenthümlichkeit der Gase, daß sie bei Temperaturen, die höher als ihr kritischer Punkt liegen, stets permanent sind. Andrerseits kann man schließen, daß alle Gase sich durch genügenden Druck werden verflüssigeu lassen, wenn man sie unter ihren kritischen Punkt abkühlt. Endlich ergiebt sich nicht bloß der Unterschied zwischen coërciblen und permanenten Gasen als hinfällig, sondern auch jener zwischen Dämpfen und Gasen; denn Gase werden nichts anderes sein, als weit über ihren kritischen Punkt erhitzte Dämpfe, und Dämpfe nichts anderes, als Gase mit einer wenig von der kritischen verschiedenen Temperatur. Darnach wären sehr stark überhitzte Dämpfe

also Gase, und in der That zeigen sie das Verhalten von Gasen.

Es sei hier bemerkt, daß J. Jamin[1]) neuerdings eine etwas andere Auffassung des kritischen Punktes ausgesprochen hat. Darnach wäre als kritischer Punkt derjenige zu bezeichnen, bei welchem eine Flüssigkeit und ihr gesättigter Dampf dieselbe Dichte haben. Die Gase sollen bei jeder Temperatur unter hinreichendem Drucke verflüssigt werden können, aber die entstehende Flüssigkeit soll sich bei über einem bestimmten Punkte liegender Temperatur in der Weise mit dem Dampfe vermischen, daß die Beobachtung derselben unmöglich wird. Die latente Wärme wäre alsdann gleich Null. Wie man sieht, will diese Auffassung die Erklärung für jenen eigenthümlichen Zwischenzustand geben, in welchem sich Gase befinden, die bei einer über dem Andrews'schen kritischen Punkte liegenden Temperatur stark comprimirt werden.

Nachdem Andrews seine Lehre vom kritischen Punkte ausgesprochen hatte, war es leicht ersichtlich, warum vor dieser Zeit Versuche zur Verdichtung von Gasen so oft mißglückt waren: der Druck mochte wohl hinreichend gewesen sein, aber die Temperatur hatte über dem kritischen Punkte des betreffenden Gases gelegen, und somit war die Verflüssigung nicht gelungen. Es galt dies namentlich von den Gasen: Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff, Stickoxyd, Kohlenoxyd und Methan. Nur wenige Jahre verstrichen und es gelang auch diese sogenannten permanenten Gase zu verdichten. Es ist bereits in diesem Jahrbuche (1878. S. 299. 399) beschrieben worden, in welcher Weise Cailletet in Chatillon-sur-Seine und Pictet in Genf zur Verflüssigung der genannten Gase gelangten, und auf jenen Bericht sei also an dieser Stelle nur verwiesen. Nur das Wichtigste sei hier in Erinnerung gebracht. Pictet ließ die Gase in ein starkes Kupferrohr, welches einerseits mit dem Entwicklungsgefäße in Verbindung stand, andrerseits durch einen Hahn geschlossen war, eintreten. Das Rohr wurde durch verdunstende flüssige Kohlensäure auf —130 bis —140° abgekühlt, die verdunstete Kohlensäure alsdann durch flüssige schweflige Säure wieder bei —65°

1) Compt. rend. 96 (1883), p. 1448. — 97 (1883), p. 10.

üssigt, während die verdunstende schweflige
atm Druck bei gewöhnlicher Temperatur
acht wurde. Der Druck in der kupfernen
stieg durch das fortwährend zuströmende
r Sauerstoff bis zu 525 atm und sank
5 atm, worauf er constant blieb. Hieraus
auerstoff verflüssigt war. Für Wasserstoff
bis zu 650 atm gesteigert werden. Beim
des Hahnes strömte das flüssige Gas aus,
erstoffes umgeben von einem Nebel aus
sten Sauerstoff, während beim Wasserstoff
tiren des Strahles und eine Art von Hagel=
Beweis dafür, daß der Wasserstoff fest ge=
flüssige Sauerstoff gab einen hellen glän=
hrend der ausströmende flüssige Wasserstoff
rschien.

erwendete nicht den Druck, welchen das sich
elbst ausübt, sondern füllte seine Verdich=
mit dem Gase, schloß die unten offene Ver=
h Einstellen in Quecksilber ab und preßte
lber mit Hilfe einer hydraulischen Pumpe
n. Diese Verdichtungsröhre selbst lief nach
chmolzene Capillare aus, welche in einen
gsmittel angefüllten Cylinder hineinragte.
r Verdichtungsröhre war fast dieselbe, wie
und Olszewski bei ihrem weiter unten
pparate gewählt haben. Cailletet ver=
Apparate Aethylen bei +4° und 46 atm
i —11° und 104 atm, Methan bei —11°
agegen blieben Sauerstoff und Kohlenoxyd
300 atm gasförmig. Wurde jetzt aber der
ngert, so bildeten sich dichte Nebel von ver=
der Röhre. Dasselbe gilt von Stickstoff und
war noch bei +13° und 200 atm, letz=
noch gasförmig. Bei plötzlicher Expansion
stoff zu Tröpfchen, Wasserstoff zu einem
uft verflüssigte sich bei 200 atm Druck und
üssiges Stickoxyd.

n die beiden Methoden von Pictet und

von Cailletet, so ist hervorzuheben, daß ersterer zur Verflüssigung der Gase den erhöhten Druck bei genügender Abkühlung benutzte, auf die Verflüssigung des Gases in der undurchsichtigen Kupferröhre aber aus dem Constantwerden des Druckes schließen mußte, während Cailletet sich zur Verflüssigung der Abkühlung und der auf hohe Compression folgenden Expansion bediente, die Verflüssigung der Gase aber direct im Capillarrohre beobachten konnte. Pictet endlich hat Sauerstoff und Wasserstoff durch plötzliche Expansion der verflüssigten Gase in Folge der hierbei erzeugten starken Verdunstungskälte zum Gefrieren gebracht.

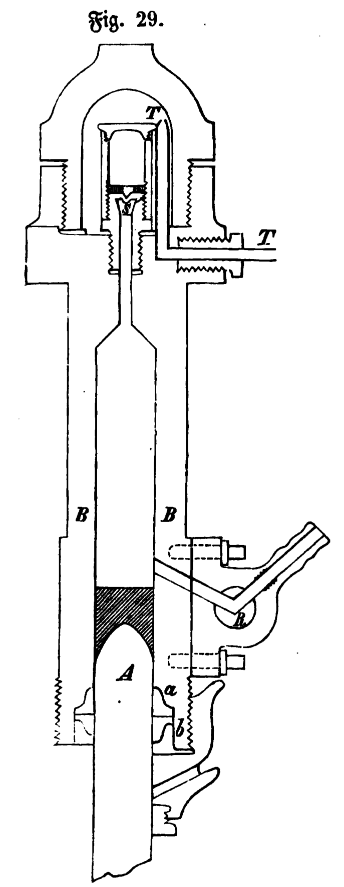
Neuere Apparate zur Verdichtung der Gase.

Seit jenen ersten eben angeführten Versuchen ist eine kleine Anzahl von Gelehrten bestrebt gewesen, die Eigenschaften der verdichteten Gase genauer zu studiren. Hierzu bedurfte es aber vor allen Dingen anderer Apparate, solcher nämlich, welche genügende Mengen des verflüssigten Gases in einer zur genauen Beobachtung geeigneten Weise lieferten, also solcher Apparate, deren Verdichtungsröhren durchsichtig waren und gleichzeitig das verdichtete Gas einige Zeit flüssig erhielten, sowie Messungen der Verdichtungstemperatur u. s. w. zuließen. Da ist zunächst des verbesserten Apparates von L. Cailletet[1]) zu gedenken. Nach ihm leiden die meisten Apparate an den folgenden Fehlern: an einem schädlichen Raum zwischen dem Boden des Pumpenkörpers und dem Kolben; an Ansaugung von Luft, die sich dem condensirten Gase beimischt; an Erhitzung des Apparates und endlich an mangelhafter Arbeit der Ventile. Diese Fehler umgeht Cailletet's neue Pumpe, die von E. Courtois ausgeführt wird. Ein besonderer Mechanismus, der durch ein Schwungrad mit Handgriff in Bewegung gesetzt wird, bewirkt eine geradlinige Bewegung des Kolbens A im Cylinder BB (siehe Fig. 29, folg. Seite). Der Kolben ist aus weichem Stahl gefertigt und mit einer Schicht Quecksilber bedeckt. Bei jeder Umdrehung des Schwungrades wird das conische Ebonitventil S gehoben und durch das Quecksilber die letzte Spur des comprimirten Gases

1) Ann. Chim. Phys. [5] 29 (1883), p. 153.

und verjagt. Zwei Lederstulpe a und b widersetzen sich dem Eindringen der Luft im Augenblick der Ansaugung, wie dem Austritt von Gas während der Zeit der Compression.

Fig. 29.



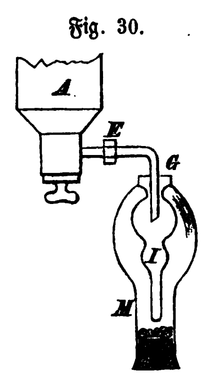
Um die Basis des Pumpenkörpers herum läuft ein mit Glycerin oder Quecksilber gefüllter Napf, welcher gestattet, sich von der guten Functionirung der beiden Lederdichtungen zu überzeugen. Das Aspirationsventil ist durch den Hahn R ersetzt, der sich schließt, sobald der Kolben aufwärts bewegt wird. Das comprimirte Gas hebt nun das Ventil S und geht durch das Kupferrohr T in ein eisernes Sammelgefäß mit conischem Hahne. Eine annähernde Druckmessung des Gases wird durch ein Metallmanometer ermöglicht. Schwierig ist die Dichtung der Bewegungsstücke, die mit dem Quecksilber in Berührung kommen, weil unter den herrschenden Druckverhältnissen das Quecksilber auf Fett oder Oel einwirken würde. Am besten bewährt hat sich reines Vaselin. Die Pumpe kann leicht von einem Manne in Bewegung gesetzt werden, der bei mäßiger Anstrengung damit pro Stunde 400—500 g Kohlensäure verdichten kann; eine wesentliche Erwärmung des Cylinders tritt hierbei nicht ein.[1]) Muß

1) Figur wie Beschreibung lassen schon im Originale theilweise an Klarheit zu wünschen übrig.

man größere Mengen von condensirten Gasen aufbewahren, so leitet man dieselben besser nicht in eine einzelne eiserne Flasche, welche zu große Dimensionen haben müßte, sondern vielmehr in ein System von 9 Kupferröhren mit dem Gesammtfassungsraum von ungefähr 4 Lit. Diese Röhren sind am Ende geschlossen und stehen unter einander durch ein enges Kupferrohr in Verbindung. Ein Schraubenhahn öffnet und schließt die Oeffnung, welche mit der Pumpe in Verbindung gesetzt ist. Der ganze Apparat dreht sich um eine horizontale Axe und ist also leicht zu neigen; auch kann man in ihm flüssige Gase ohne Gefahr aufbewahren.

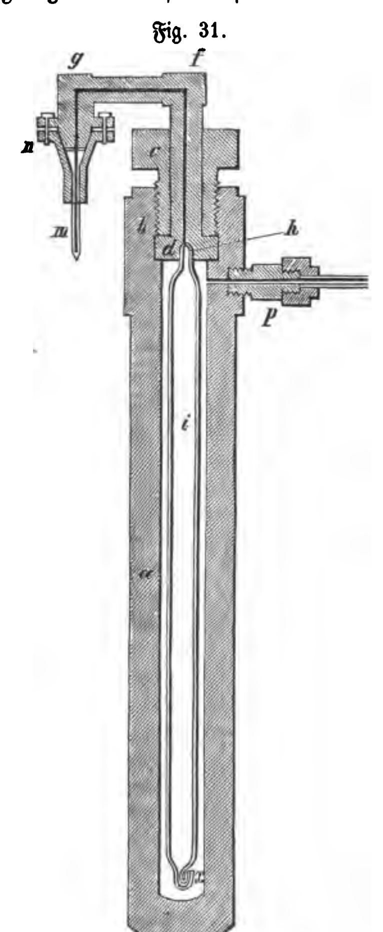
Will man nun aber die Eigenschaften des flüssigen Gases studiren oder dasselbe als Erkältungsmittel verwenden, so muß man den in Fig. 30 skizzirten Apparat benutzen. A ist der Recipient, der das verdichtete Gas enthält. An das seitliche Ansatzstück der Oeffnung desselben, die in diesem Falle nach unten gekehrt sein muß, wird mit Hilfe einer Schraubenmutter ein Glasrohr EG von 5 bis 6 mm Durchmesser mit einer Kniebiegung nach unten befestigt. Das untere Ende dieses Rohres taucht in ein Glasgefäß, welches in ein kleines Probirröhrchen von dünnem Glase ausläuft. Das ganze Gefäß ist concentrisch von einem zweiten Glasgefäße M umgeben, in welchem sich über dem luftdicht schließenden Stopfen eine hygroskopische Substanz befindet. Hierdurch wird erzielt, daß die Luft in M stets trocken ist und also an dem Probirröhrchen kein Reif sich niederschlagen kann, der die Beobachtung der Vorgänge im Röhrchen I unmöglich machen würde. Wird der Schraubenhahn an A geöffnet, so strömt die Flüssigkeit aus und kann, dank der in EG bewirkten Druckverminderung und hierdurch erzeugten Abkühlung, fast ohne Verlust in I angesammelt werden. Soll mit Hilfe des so in I befindlichen verflüssigten Gases irgend ein anderer Körper erkältet werden, so hat man denselben in geeigneter Weise in I einzuführen; zu verflüssi-

Fig. 30.



gende Gase z. B. in Capillaren aus Glas, in denen sie in genügender Weise comprimirt werden (siehe den Apparat von Olszewski und Wroblewski). Das Wesentliche dieses neuen Cailletet'schen Apparates ist also in der Vervollkommnung der Pumpeneinrichtung und darin zu suchen, daß das verdichtete Gas in besonderen Gefäßen aufbewahrt und aus diesen in gläserne zur Beobachtung geeignete Apparate abgelassen werden kann.

Fig. 31.

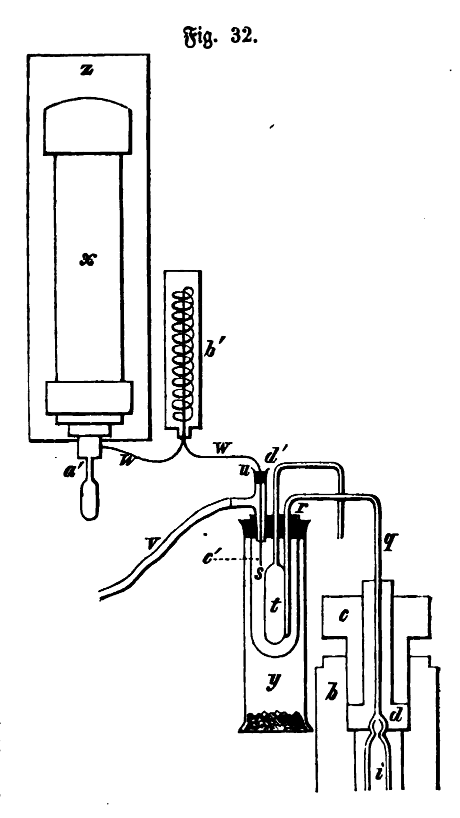


Dieses Princip halten auch S. v. Wroblewski und K. Olszewski[1]) bei ihrem Gasverdichtungsapparat ein, nur daß sie für die Verdichtungsröhre die wenig veränderte ältere Anordnung von Cailletet benutzen. Fig. 31 giebt die Einrichtung des Apparates zum Comprimiren der Gase wieder. In dem hohlen, aus Eisen geschmiedeten Cylinder ab befindet sich, den Hohlraum nicht vollständig erfüllend, die das Gas enthaltende, unten offene Glasröhre i, die sich oben in einer fast capillaren Röhre dfgm

1) Ann. Phys. Chem. (N. F.) 20 (1883), S. 243.

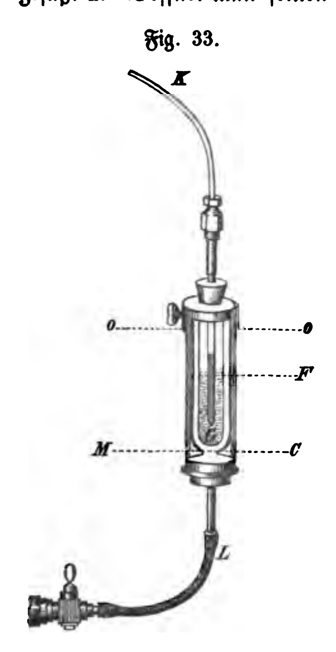
fortsetzt. Diese letztere ist bis n aus Stahl, während sich hier ein unten zugeschmolzenes Glasrohr n m ansetzt, dessen innerer Durchmesser ungefähr 0,15 cm beträgt. Bei h ist das Glasrohr i eingekittet. Das ganze Rohr d f g n liegt in einer Metallfassung, welche durch die Mutter c in a b festgeschraubt wird. Durch p wird der neben i verbleibende Hohlraum des Cylinders mit dem Manometer und der Pumpe in Verbindung gesetzt. Der Hohlraum um i ist mit Quecksilber gefüllt; sobald nun die Pumpe ihre Thätigkeit beginnt, wird von x her Quecksilber nach i gepreßt, welches nun allmählich das Gas vor sich her nach m schiebt. Wird m genügend gekühlt, so tritt hier Verdichtung aller Gase ein. Da, wo Kühlung durch verdunstende, flüssiggemachte Gase nöthig ist, ersetzt man d f g m durch ein Glasrohr unter Weglassung der Metallfassung und benutzt die aus Fig. 32 ersichtliche Anordnung. i und q (= d f g m) fassen zusammen ungefähr 200 ccm Gas; der innere Durchmesser von q beträgt 0,2 cm. In sy ist leicht das oben geschilderte Cailletet'sche Gefäß für Beobach-

Fig. 32.



tung verflüssigter Gase wieder zu erkennen. In s taucht einerseits das abwärts gebogene Ende von q, andrerseits das Wasserstoffthermometer t und die Zuführungsröhre wc' für verflüssigtes Gas, sowie ein (nicht in der Figur zu findendes) kurzes dünnwandiges Probirrohr, in welchem man beliebige Flüssigkeiten auf ihre Erstarrungstemperatur prüfen kann. Alle diese Theile des Apparates sind luftdicht durch den Kautschukkork r gehalten und ebenso auf s befestigt. s ist luftdicht auf das Gefäß y aufgesetzt, welches getrocknete Luft enthält. Der Recipient x ist mit flüssigem Aethylen (flüssiger Kohlensäure oder dergl. m.) gefüllt und steht in dem Kühlgefäße z. Oeffnet man seinen Schraubenhahn a', so entweicht Flüssigkeit durch w und gelangt in eine Spirale im Gefäße b', welch letzteres ein Gemisch aus fester Kohlensäure und Aether enthält. Durch diese Kühlung des flüssigen Aethylens wird ein nutzloses Verdunsten fast gänzlich vermieden und das Aethylen gelangt als farblose Flüssigkeit nach s. Sobald sich hier genug Aethylen angesammelt hat, wird die durch v und das Dreiwegestück u mit dem Inneren von s in Verbindung stehende Luftpumpe in Thätigkeit gesetzt, bis bei 2,5 bis 1,5 cm Quecksilberdruck das Aethylen in s ruhig siedet. Die Verflüssigung des Gases in q ist alsdann bei genügendem Drucke in i deutlich zu bemerken und das verflüssigte Gas genügend lange flüssig zu erhalten.

Fig. 33.



Schon früher, nämlich alsbald nach Cailletet's und Pictet's epochemachender Verdichtung der „permanenten“ Gase hatte Ducretet einen kleineren Apparat construirt,

welcher die Verdichtung der Gase in Form eines Vorlesungs-experimentes auszuführen gestattete. Den gleichen Zweck verfolgt der neuerdings von J. Dewar[1]) angegebene Apparat (Fig. 33). Ein eisernes Reservoir enthält das betreffende Gas unter 150 atm comprimirt. Am oberen Ende dieses Sammelgefäßes befindet sich ein Hahn, welcher durch ein seitliches Rohr beim Oeffnen das Gas nach dem Manometer und von hier durch das dünne Kupferrohr K nach dem Verflüssigungsrohre F führt. Das letztere ist aus Glas gefertigt und von 2 mm innerem Durchmesser; es ist luftdicht eingesetzt in einen mehrtheiligen Erkältungsapparat. Direct umgeben wird es von dem mit flüssigem Aethylen gefüllten Glasgefäße G, welches am oberen Ende bei o eine Reihe von kleinen Oeffnungen besitzt. G ist umgeben von einem zweiten Glasmantel M; die Dämpfe des siedenden Aethylens müssen also zuerst in G aufwärts, dann in M niederwärts streichen, so daß möglichste Ausnutzung der erzeugten Kälte für F erfolgt. Am unteren Ende von M treten alsdann die Aethylendämpfe aus und werden von der an L wirkenden Luftpumpe aufgesogen. C endlich ist das bekannte Lufttrockengefäß, welches das Beschlagen von M oder G mit Reif verhindern soll. Sobald die Luftpumpe den Druck in G auf 25 mm herabgesetzt hat, siedet das Aethylen bei —140°, und es genügt alsdann beispielsweise zur Verflüssigung des Sauerstoffs, diesen mit 20 bis 30 Atm. Druck nach F gelangen zu lassen. Man erhält auf diese Weise ungefähr 1,5 ccm flüssigen Sauerstoff. Für Temperaturen von —115 bis —125° kann man statt des Aethylens auch feste Kohlensäure oder flüssiges Stickoxydul verwenden; doch muß man alsdann zur Verflüssigung von Sauerstoff 80—100 Atm. Druck anwenden und denselben durch plötzliches Oeffnen eines Hahnes im Rohre K, der mit der Luft communicirt, für einen Moment aufheben, also die Wirkung plötzlicher Ausdehnung des stark comprimirten Gases zu Hülfe nehmen. Der Apparat ist auch verwendbar zur Bestimmung der Dichte des flüssigen Gases, sofern man nur die Menge der in F gebildeten Flüssigkeit und alsdann die Menge des daraus entstehenden Gases zu messen braucht. Zu letzterem Zwecke läßt

---

1) Chem. News 51 (1885), p. 27.

man die Flüssigkeit in F unter langsamen Oeffnen des vorhin erwähnten in die Luft führenden Hahnes (natürlich nach Verschluß des Reservoirs gegen K) verdunsten und leitet das gebildete Gas eben durch diesen Hahn in Meßgefäße. — Endlich sei auf ein neues Princip für Kältemaschinen hingewiesen, auf welches R. Pictet [1]) aufmerksam macht. Die gewöhnlichen Kältemaschinen verwenden einfach flüchtige Flüssigkeiten, wie Aether, flüssiges Ammoniak, flüssiges Schwefeldioxyd u. s. w. In diesem Falle ist die Zahl von durch die Compressionspumpe verbrauchten Kilogrammometern für dieselbe Temperaturdifferenz zwischen Condensator und Erkälter dieselbe, ebenso der Kälteeffect; nur die Dampftension auf beiden Seiten des Compressionskolbens und die Details der Construction unterscheiden diese Maschinen. Anders liegen aber die Verhältnisse, wenn man statt einfach flüchtiger Flüssigkeiten solche verwendet, welche sich in zwei oder mehrere Flüssigkeiten zu spalten vermögen, z. B. durch Temperaturerniedrigung. Wenn man Sauerstoff zum Molekül einer flüchtigen Flüssigkeit hinzufügt, sei es durch Lösung oder sei es durch Bindung, so vermindert man die Flüchtigkeit und erhöht den Siedepunkt der neuen Flüssigkeit. Wenn man z. B. Sauerstoff in gebundener Form, nämlich als SO_2, in Kohlensäure löst, so erhält man je nach den Mengenverhältnissen Flüssigkeiten mit zwischen —7,5 und —71° liegenden Siedepunkten. Bei genügend hohen Temperaturen bilden diese Flüssigkeiten homogene Gemische; bei niedrigen Temperaturen dagegen zerlegt sich das Gemisch in eine Reihe von flüchtigen Flüssigkeiten, deren jede auf eigne Rechnung Dampf bildet. Die Summe der hierbei erzielten Dampfspannungen ist viel bedeutender als die Dampfspannung einer einheitlichen Flüssigkeit; dagegen ist in Folge erwachender Verwandtschaft die Maximaltension bei hoher Temperatur eine niedrige. Bringt man also eine solche Mischung, z. B. die den Verhältnissen $SO_2 : CO_2$ entsprechende und bei —19° siedende Flüssigkeit, in die Kältemaschine, so wird die Dampfspannung im Erkälter viel über derjenigen der einfachen Flüssigkeit, z. B. der SO_2, liegen, während im Condensator die Dampfspannung

1) Compt. rend. 100 (1885) p. 329.

der Compression geringer sein wird als bei reiner schwefliger Säure. Diese Verhältnisse bedeuten aber selbstverständlich eine wesentliche Arbeitsersparniß.

Neuere Versuche über Verdichtung der Gase.

Methan und Aethylen. — Von L. Cailletet[1]) wird Methan oder Sumpfgas (CH_4) als Kältemittel bei der Verdichtung des Sauerstoffs empfohlen. Bekanntlich läßt sich Sauerstoff, der genügend comprimirt ist, mit Hülfe von flüssigem, siedenden Aethylen verdichten, wenn man den Druck des Sauerstoffs plötzlich stark verringert oder das Sieden des Aethylens im stark luftverdünnten Raume geschehen läßt. Sofortige Verflüssigung des Sauerstoffs dürfte aber eintreten, wenn man zur Erkältung des comprimirten Gases nicht im Vacuum siedendes Aethylen, sondern irgend eine bei wesentlich niedrigerer Temperatur siedende Flüssigkeit benutzte. Als solches Erkältungsmittel hat sich Methan brauchbar erwiesen. Wird dasselbe leicht comprimirt und mit unter Luftdruck siedendem Aethylen gekühlt, so verwandelt es sich in eine sehr bewegliche, farblose Flüssigkeit, die beim Sieden eine zur Verflüssigung des Sauerstoffs genügende Kälte liefert. Genauer hat S. v. Wroblewski[2]) diese Verhältnisse studirt. Aethylen siedet unter 0,015 m Druck bei —144°; Sauerstoff verflüssigt sich aber erst bei —184°. Es wurde in Folge dessen versucht, durch Sumpfgas eine größere Kälte zu erzeugen. Das Methan stellt man sich her durch Erhitzen von geschmolzenem essigsauren Natron mit kaustischem Kalk. Das verflüssigte Methan (welches jedoch Spuren von Wasserstoff enthielt) zeigte bei + 4° eine Dichte = 0,37. Die Verflüssigung gelang bei —73,5° und 56,8 Atm. Druck. Wird der Druck jetzt auf 6,7 Atm. erniedrigt, so erreicht man die Temperatur —130,9°. Beim Sieden, welches zwischen —155 und —160° erfolgt, wird flüssiges Methan nicht fest: dagegen genügt die Temperatur zur Verflüssigung von Sauerstoff, Luft, Stickstoff und Kohlenoxyd unter sehr mäßigem Drucke. K. Olszewski[3]) hat eingehende Studien über Verflüssigung des Methans an-

---

1) Compt. rend. 98 (1884) p. 1565. 99 (1884) p. 213.
2) Compt. rend. 99 (1884) p. 136.
3) Compt. rend. 100 (1885) p. 940.

gestellt und sich das Gas auf zweierlei Weise hergestellt: erstens durch Erhitzen eines Gemenges aus Natriumacetat, Natrium- und Calciumhydroxyd, und zweitens mit Hülfe eines Kupferzinkpaares aus einem Gemenge von Methyljodid und Alkohol. Im ersten Falle enthält das Gas noch H, den man aber aus dem flüssigen Methan entfernen kann, indem man dasselbe aufsieden läßt, wobei zuerst H entweicht. Das nach der zweiten Methode hergestellte Methan enthält Spuren von Methyljodid. Durch vergleichende Versuche mit auf verschiedene Weise hergestelltem Sumpfgase ergaben sich die folgenden Zahlen:

Druck	54,9	40	26,3	11	1 atm	80	5 mm
Temp.	—81,8	—93,3	—105,8	—126,8	—164	—185.8	—201,5
	Krit. Punkt.					Erstarrgsp.	

Das feste Methan ist eine schneeartige Masse. Zu bemerken ist, daß J. Dewar[1]) für sich die Priorität bezüglich der Verwendung des Methans als geeignetstes Erkältungsmittel für Verdichtung des Sauerstoffs in Anspruch nimmt, da er schon im October 1883 eine dahingehende Mittheilung gemacht habe. Er giebt die kritische Temperatur des Methans zu —99,5 ° und den kritischen Druck zu 50 atm an. — Ueber die Verflüssigung des Aethylens hat L. Cailletet[2]) Angaben gemacht. Das Aethylen (C_2H_4) verflüssigt sich bei +10 ° und 60 atm Druck. Wird dasselbe plötzlich zum Verdampfen gebracht, so ergiebt sich (mit dem Schwefelkohlenstoffthermometer gemessen) die Temperatur —105 °, während flüssiges Stickoxydul unter gleichen Umständen nur —88 ° ergiebt. Das Aethylen gefriert beim Verdunsten nicht. Zuerst verflüssigt wurde Aethylen von Faraday bei +1 ° und 45 atm Druck. Die kritische Temperatur des Aethylens ist +13 °. Seiner Anwendung als Kältemittel würde hinderlich im Wege stehen, daß es schwer rein zu erhalten ist, wenn man nicht auch das etwas verunreinigte Gas durch unter Umständen bis zu 110 atm gesteigerten Druck verflüssigen könnte. Die Darstellung geschieht wie folgt: man erhitzt im Sandbade große Ballons, welche Gemische aus 1 Thl. Alkohol +5 Thl.

1) Chem. News 51 (1885) p. 27.

2) Compt. rend. 94 (1882) p. 1224. Ann. Chim. Phys. [5]. 29 (1883) p. 153.

conc. Schwefelsäure und ausgeglühten Sand enthalten, so lange bis die ersten Spuren eines Geruchs nach schwefliger Säure bemerkbar werden. Das Gas geht durch 2 Flaschen mit schwefelsäuregetränktem Bimsstein und durch eine Flasche mit Kalilauge, alsdann in ein 200—300 Liter fassendes Gasometer und von hier aus durch conc. Schwefelsäure nach der Pumpe und dem Compressionsapparat.

Sauerstoff. — Mit der Verdichtung des Sauerstoffs hat man sich in neuerer Zeit am meisten beschäftigt. Die Hauptschwierigkeit bei der Verdichtung des Sauerstoffs liegt in der Erzielung einer genügend niedrigen Temperatur. Cailletet verwendete flüssiges Aethylen, war aber nicht im Stande, zu erkennen, ob die Verflüssigung des Sauerstoffs im engen Glasrohre vor der plötzlichen Ausdehnung des Gases oder erst im Momente derselben geschah. S. v. Wroblewski und K. Olszewski[1]) haben nun mit dem auf Seite 258 u. 259 beschriebenen, in Fig. 31 und 32 dargestellten Apparate, der mit verhältnißmäßig großen Gasmassen und großem Drucke zu arbeiten gestattet, Versuche angestellt, welche sich zunächst darauf bezogen, die Temperatur in Augenblicken der Expansion zu studiren. Es ergab sich, daß dieselbe so niedrig sei, daß Schwefelkohlenstoff und Alkohol erstarren. Diese Temperatur reicht natürlich auch zur Verflüssigung des O aus, und man konnte sie erzielen durch Verdunsten von Aethylen im luftverdünnten Raume. Der Siedepunkt des Aethylens hing von dem Grade der Luftverdünnung ab und ergab sich im günstigsten Falle, gemessen mit dem Wasserstoffthermometer, zu —136°. Die kritische Temperatur des Sauerstoffs lag zwischen —102 und —103°. Bei —135,8 begann der O sich unter einem Drucke von 22,5 atm zu verflüssigen. Der flüssige O zeigte einen deutlichen Menikus, war farblos und durchsichtig, sowie sehr beweglich. An andrer Stelle[2]) geben die Verfasser als Verdichtungsdruck bei —135,8° nur 22,2 atm an. Bei Verminderung des Drucks schäumte die Flüssigkeit, verdunstete und kam durch die ganze Masse in's Sieden. Dargestellt wurde der zur Verdichtung bestimmte Sauerstoff durch

1) J. f. p. Ch. (N. F.) 28 (1883) S. 57.
2) Ann. Phys. Chem. N. F. 20. (1883) S. 243.

Erhitzen von chemisch reinem chlorsaurem Kalium. — Auch L. Cailletet[1]) hat mit seinem bereits beschriebenen neuen Apparate die Verdichtung des Sauerstoffs versucht. Verwendete man zur Kühlung des Sauerstoffs flüssiges Stickoxyd, so zeigte der Sauerstoff einen leichten Nebel, der im Augenblicke der Abspannung verschwand. Bei der Erkältung durch flüssiges Aethylen dagegen bemerkte man ein heftiges Sieden, welches während einer bemerkbaren Zeitdauer anhielt; außerdem wurde ein wenig Flüssigkeit emporgeschleudert. Dieses Sieden trat aber erst in einem bestimmten Abstand von dem Boden der Röhre auf, und es war nicht festzustellen, ob die Flüssigkeit vorhanden war vor der Ausdehnung oder erst im Momente derselben entstand, weil keine Trennungsschicht zwischen Gas und Flüssigkeit bemerkbar war. Das kann nur dadurch veranlaßt sein, daß das condensirte Gas sich mit seinem Dampfe bei einer Temperatur in Berührung befindet, welche der kritischen sehr nahe liegt. Gelang also hier die zweifellose Verflüssigung des Sauerstoffs noch nicht, so trat dieselbe bei etwas veränderter Operation ein.[2]) Die aus dem Aethylenreservoir austretende Flüssigkeit wurde in der Kupferrohrschlange mit Chlormethyl auf —70° erkältet, so daß das Aethylen mit geringer Tension und ohne wesentlichen Verlust in den Erkälter gelangt. In das im Erkälter befindliche flüssige Aethylen wird alsdann ein schneller Strom von stark gekühlter Luft oder sehr kaltem Wasserstoff eingeleitet, um sehr schnelle Verdunstung zu bewirken. Die Temperatur sinkt auf —123° und der im Glasrohre stark comprimirte Sauerstoff verflüssigt sich schnell. — Mit Hülfe des Cailletet'schen Apparates haben übrigens P. Hautefeuille und J. Chappuis auch das Ozon[3]) verflüssigt. Es wurde dabei ein Gemisch von gewöhnlichem und activem Sauerstoff benutzt und bei genügender Kühlung unter 125 atm Druck gebracht. Das Ozon verdichtete sich zu einer indigoblauen Flüssigkeit und blieb flüssig bis zu 75 atm. Alsdann trat allmähliche Verdunstung ein, doch war dieselbe auch unter bloßem Atmosphärendruck nicht lebhaft. — Der kritische Punkt des

1) Ann. Chim. Phys. [5] 29 (1883) p. 153.
2) Compt. rend. 100 (1885) p. 1033.
3) Compt. rend 94 (1882) p. 1250.

Sauerstoffs ist nach S. v. Wroblewski bei 50 atm Druck = —113°. Das stimmt nach E. Sarrau[1]) recht gut mit der theoretischen Berechnung desselben, denn dieselbe ergiebt mit der Clausius'schen Formel und den Zahlenwerthen von Amagat für 48,7 atm die Temperatur von —105,4°. Ueber die Siedepunkte des Sauerstoffs bei verschiedenem Drucke giebt S. v. Wroblewski[2]) die folgende Tabelle:

Druck i. atm:	50	27,02	25,85	24,40	23,18	22,2	1,0	2 cm.
Temp:	—113	—129,6	—131,6	—133,4	—134,8	—135,8	—184	—200,4

Mithin ist der Siedepunkt des Sauerstoffes für gewöhnlichen Druck —184°. Es ist klar, daß diese niedrige Siedetemperatur den flüssigen Sauerstoff als sehr geeignet zur Erkältung andrer zu verdichtender Gase erscheinen läßt. Seit Anfang October 1883 verwendet ihn denn auch S. v. Wroblewski[3]) in diesem Sinne. Hebt man den auf dem flüssigen O liegenden Druck plötzlich auf, so siedet der Sauerstoff zwar gewaltsam, ohne aber zu erstarren. Es zeigte sich allerdings auf dem Boden des Gefäßes und an dem in den flüssigen O eingetauchten zu erkältenden Röhrchen ein krystallinischer Beschlag, der aber, wie K. Olszewski nachwies[4]), nur durch Verunreinigungen des O, besonders durch Kohlensäure und Wasser veranlaßt wird und also bei Benutzung von chemisch reinem O ausblieb. Unangenehm bei Verwendung des Sauerstoffs als eines Erkältungsmittels bleibt aber, daß man mit ihm nur in geschlossenen sehr festen Gefäßen experimentiren kann. Man muß deshalb die Gefäße mit der zur Abkühlung zu gelangenden Substanz direct in das Gefäß einführen, in welchem der O verdichtet wird und kann alsdann nur von der im Momente der Expansion erzeugten Kälte Nutzen ziehen. Schließlich ist auch die Dauer des Siedens von flüssigem Sauerstoff eine sehr kurze. Gleichwohl ist die im Momente der Expansion erzeugte Kälte so groß, nämlich mit einem Electrothermometer gemessen gleich —186°, daß man zu mancherlei Verdichtungen andrer Gase, z. B. zum Festmachen des Stick-

1) Compt. rend. 97 (1883) p. 489.
2) Compt. rend. 98 (1884) p. 982.
3) J. f. p. Ch. (N. F.) 29. (1884) S. 95.
4) Compt. rend. 98 (1884) p. 365.

stoffs, ihrer nicht entrathen kann. K. Olszewski[1]) fand den Siedepunkt des Sauerstoffs unter Atmosphärendruck zu 181° und bei 6 mm Quecksilberdruck zu —198°; zur Verflüssigung des Wasserstoffs, dessen kritischer Punkt noch unter —198° liegt, würde also flüssiger Sauerstoff als Kältemittel nicht verwendbar sein. Später[2]) hat derselbe Gelehrte indessen etwas andere Zahlen gefunden. Der kritische Druck des Sauerstoffs ist darnach 50,8 atm und seine kritische Temperatur —118,8°. Bei 4 mm Quecksilber und einer Temperatur unter —211° ist der Sauerstoff noch flüssig, bei —211,5° und 9 mm Quecksilberdruck dagegen erstarrt er. — Endlich ist zu erwähnen, daß S. v. Wroblewski[3]) das specifische Gewicht des flüssigen Sauerstoffs auf eine originelle indirecte Weise bestimmt und berechnet hat. Dumas hat seiner Zeit aus theoretischen Gründen vermuthet, daß flüssiger Sauerstoff die Dichte 1 habe. Pictet leitete aus seinen Versuchen die Werthe 0,9787 oder 0,9883 ab; aber Offret bewies, daß dieses Resultat durch falsche Berechnung gefunden und der richtige Werth vielmehr 0,84 sei. Cailletet und Hautefeuille haben aus der Dichte eines verflüssigten Gemisches von Sauerstoff und Kohlensäure für 0° und 300 atm Druck $D = 0,7$ berechnet. Wroblewski endlich ist mit Hülfe seines auf S. 258 beschriebenen Apparates und genauer Berechnungen zu einem anderen Resultate gelangt. Die Capillare q dieses Apparates wurde zu diesem Zwecke mit einer Millimetereintheilung versehen und calibrirt; ebenso wurde das Volumen von $i + q$ genau bestimmt. Hierauf wurde der Apparat genau unter Luftdruck mit Sauerstoff gefüllt und das Gas verflüssigt. Stiege bei der Compression der Quecksilberfaden genau bis an die Oberfläche des flüssigen Sauerstoffs, so wäre aus der Menge des Gases und der Flüssigkeit das specifische Gewicht direct zu berechnen. Dies ist aber nicht der Fall, vielmehr bleibt zwischen dem flüssigen Sauerstoff und dem Quecksilber ein geringes Volumen von stark comprimirtem Gase, welches die Berechnung der Dichte

1) Compt. rend. 98 (1884) S. 913.
2) Compt. rend. 100 (1885) p. 350.
3) Ann. Phys. Chem. (N. F.) 20 (1883) S. 860.

zu hoch ausfallen lassen würde. Die Verflüssigung des Sauerstoffs geschah bei —130°. Es erfolgt nunmehr in ganz gleicher Weise, aber bei 0°, die Verflüssigung von Kohlensäure oder Stickoxydul, und zwar muß der Quecksilberfaden wiederum genau bis zu der Stelle steigen, an welcher er bei Verflüssigung des Sauerstoffes seinen höchsten Stand hatte. Kennt man nun die Dichte des verflüssigten fremden Gases (CO_2 oder N_2O) genau und setzt man die Ausdehnungscoëfficienten des Glases und der Gase in die Rechnung ein, so läßt sich nunmehr die wahre Dichte des flüssigen Sauerstoffs berechnen. Es bedeute: Q die zum Versuche angewendete Gasmenge; v und d Volumen und Dichte des flüssigen Gases; q die Menge des nicht verflüssigten Gases, und zwar diese Werte mit dem Index 1 für Sauerstoff und mit dem Index 2 für Kohlensäure. Es seien ferner die Dimensionen des Apparates so gewählt, daß q im Verhältnisse zu vd sehr klein ist. Dann gelten die folgenden Gleichungen:

(1) $Q_1 = v_1 d_1 + q_1$ und (2) $Q_2 = v_2 d_2 + q_2$; woraus bei Division von (1) durch (2) und Auflösung nach dem gesuchten Werthe d_1 folgt: (3) $d_1 = d_2 \frac{v_2 Q_1}{v_1 Q_2} + \frac{q_2 Q_1 - q_1 Q_2}{v_2 Q_2}$

Da nun der Verflüssigungsdruck des Sauerstoffs bei —130° und der Kohlensäure (oder des Stickoxyduls) bei 0° ziemlich derselbe ist, so ist der letzte Bruch in Gleichung (3) fast gleich Null und wir haben nun für die Dichte des Sauerstoffes den Werth: (4) $d_1 = d_2 \frac{v_2 Q_1}{v_1 Q_2}$

Zieht man nun bei der Berechnung noch die Ausdehnungscoëfficienten herbei, so ergiebt sich die Dichte des Sauerstoffs bei —130° und dem Drucke der Verflüssigung zu 0,899 (nach anderen Berichten desselben Autors[1]) zu 0,895). Mit dieser Zahl steht die Vermuthung von Dumas, daß die Dichte des Sauerstoffs im flüssigen Zustande 1 sei, nicht im Widerspruche, denn diese Zahl würde wahrscheinlich mit wachsender Abkühlung mehr und mehr erreicht werden.

Stickstoff. — Die Verflüssigung des Stickstoffs wurde

1) Compt. rend. 97 (1883) S. 166; 98 (1884) S. 168.

von S. v. Wroblewski und K. Olszewski[1]) bewirkt. Bei —136° und 150 atm Druck war der Stickstoff noch gasförmig. Wurde der Druck plötzlich aufgehoben, so hörte man im Gefäße ein lautes Kochen. Bei langsamer Verringerung des Druckes bis zu 50 atm verflüssigte sich der Stickstoff zu einer farblosen durchsichtigen Flüssigkeit mit deutlichem Meniskus, die sehr schnell verdampfte. Die Verflüssigung des Stickstoffs ist also viel schwieriger als die des Sauerstoffs, und man würde den flüssigen Sauerstoff nur dann länger als wenige Secunden im flüssigen Zustande erhalten können, wenn man noch bedeutendere Erkältung erzielen könnte. K. Olszewski[2]) verwendete als Kältemittel flüssiges Aethylen und comprimirte bei —142° mit 60 atm Druck, konnte aber unter solchen Umständen noch keinen Meniskus beobachten; dagegen trat derselbe auf, wenn der Druck bis 33,6 atm erniedrigt wurde. Die Temperatur des Stickstoffs war hierbei —146°. Bezüglich des Siedepunktes von flüssigem Stickstoff ergaben sich die folgenden Werthe:

Druck in atm	35	31	17	1	Vacuum
Temperatur	—146	—148,2	—160,5	—194,4	—213,0
	Kritischer Punkt.				

S. v. Wroblewski[3]) fand den Siedepunkt des Stickstoffs unter Atmosphärendruck zu —193,1°, während sich nach seiner Berechnung —194,3° hätte ergeben sollen; vielleicht war dem Gase etwas Sauerstoff beigemischt gewesen. Dem genannten Gelehrten gelang es auch, den Stickstoff fest zu machen[4]), nämlich bei der Temperatur des siedenden Sauerstoffs = —186°. Der Stickstoff wurde im siedenden Sauerstoff unter starkem Drucke erkältet und gleich darauf expandirt, wobei er in Schneeflocken niederfiel, welche aus Krystallen von bemerkenswerther Größe bestanden. Auch K. Olszewski[5]) hat festen Stickstoff erhalten. Wird nämlich der bei —142° und 60 atm verflüssigte Stickstoff auf den Druck von 35 atm

1) Compt. rend. 96 (1883) S. 1225.
2) Compt. rend. 99 (1884) S. 133.
3) Compt. rend. 98 (1884) S. 982.
4) J. f. p. Ch. (N. F.) 29 (1884) S. 95.
5) Compt. rend. 98 (1884) p. 913.

gebracht, so siedet er mit solcher Heftigkeit, daß er im oberen Theile des Rohres weiß und undurchsichtig erscheint. Allmählich klärt sich aber die Flüssigkeit und zeigt einen deutlichen Meniskus, während der Druck zu steigen beginnt. Bei 39,2 atm ist der Meniskus wieder verschwunden; dies ist also der kritische Druck des Stickstoffs. Läßt man den Stickstoff im Vacuum sieden und taucht in ihn die Röhre, welche Wasserstoff unter 160 atm Druck enthält, läßt hierauf den auf dem Wasserstoff lastenden Druck plötzlich auf 40 atm sinken und so den Wasserstoff sich verflüssigen, so bedeckt sich das Glasrohr, soweit es in Stickstoff taucht, mit einer weißen, undurchsichti- Masse von festem Stickstoff, die am untersten Theile des Rohres ein halbdurchsichtiges Eis bildet. Nach einer späteren Angabe[1]) erstarrt er bei —214 ° und 60 mm Druck unter Bildung einer halbdurchsichtigen Eisschicht an der Oberfläche der Flüssigkeit, während der untere Theil flüssig bleibt. S. v. Wroblewski[2]) endlich macht neuerdings über kritischen und Erstarrungs-, sowie über Siedepunkte des Stickstoffs die folgenden Angaben:

Druck	32,29 bis 32,73	14,7 atm	74	7—6	4,2 cm
Temp.	—146,25 bis —146,45	—160,06	—193	—203°	—206
	Kritischer Punkt.			Erstarrgsp.	

Luft. — Waren Sauerstoff und Stickstoff verdichtet, so war es natürlich, daß auch die atmosphärische Luft, deren Bestandtheile jene Gase sind, sich verflüssigen ließ. In der That ist dies bereits von Cailletet ausgeführt worden. Der Siedepunkt der flüssigen Luft liegt nach S. v. Wroblewski[3]) bei —192,2 ° unter Atmosphärendruck. Genauere Untersuchungen über flüssige Luft liegen von K. Olszewski[4]) vor. Die Luft wird in einer Natterer'schen Pumpe comprimirt und alsdann in eine durch Aethylen auf —142 bis —150° abgekühlte Glasröhre geleitet. Den Druck läßt man hierbei allmählich auf 37,6 atm sinken, wobei die Luft in's Sieden kommt und den Meniskus deutlich erkennen läßt. Bei 39 atm Druck, erzeugt durch allmähliches Erhöhen der Temperatur,

1) Compt. rend. 100 (1895) p. 350.
2) Berl. Ber. 18 (1885) Ref. S. 311.
3) Compt. rend. 98 (1884) S. 982.
4) Compt. rend. 99 (1884) S. 184.

verschwindet der Meniskus wiederum vollständig. Die einzelnen Druck- und Temperaturangaben sind die folgenden:

Druck in atm:	39	33	27,5	20,0	14,0
Temperatur:	— 140° (Krit. Punkt.)	— 142	— 146	— 152	— 158,5

Druck in atm:	12,5	6,8	4,0	1,0	Vacuum
Temperatur:	—160,5	—169	—176	—191,4	—205°

Möglicher Weise ist die Temperatur der im Vacuum verdampfenden Luft noch niedriger, während die Temperatur von im Vacuum siedenden Stickstoff gleich —213 und von Sauerstoff gleich —168° ist. Darnach wäre Luft ein Kältemittel von größerer Vortrefflichkeit als flüssiger Sauerstoff. Berechnet man die Siedetemperatur der flüssigen Luft im Vacuum, so erhält man einen vom Versuchsergebniß beträchtlich abweichenden Werth, was wohl darauf zurückzuführen ist, daß die flüssige Luft eine andere Zusammensetzung besitzt als die gasförmige; es ist nämlich voraussichtlich Stickstoff aus ihr verdampft und die Flüssigkeit somit sauerstoffreicher.

Wasserstoff. — Der Wasserstoff ist sehr schwer zu verflüssigen. Das ist insofern von großer Bedeutung, als man hierdurch eine thermometrische Substanz gewinnt, die außerordentlich geeignet zum Messen niedriger Temperaturen ist. So sind denn auch die schon mehrfach angeführten Temperaturmessungen bei flüssigen Gasen mit Hülfe des Wasserstoffthermometers ausgeführt. S. v. Wroblewski und K. Olszewski[1]) haben die Zuverlässigkeit dieses Wärmemessers noch bei Temperaturen von — 136° nachgewiesen. In ihrem oben beschriebenen Apparate war nämlich Wasserstoff bei — 136° und 150 atm Druck noch gasförmig und verflüssigte sich auch bei plötzlicher Expansion nicht. Dazu ist nun der Wasserstoff im Thermometer auch keineswegs comprimirt, sondern steht blos unter dem Drucke von 49 cm. Alle anderen Thermometer sind bei einer Temperatur von — 136° dagegen unverwendbar, denn Schwefelkohlenstoff erstarrt bei —110°, Phosphorchlorür bei — 111,8°; ein 95 procentiger Alkohol wird bei — 129° zähe wie dickes Oel und erstarrt bei — 130,5° zu einer festen

1) Ann. Phys. Chem. (N. F.) 20 (1883) S. 243.

weißen Masse. Demnach muß man sich bei Messungen so niedriger Temperaturen stets des Wasserstoffthermometers bedienen. S. v. Wroblewski[1]) hat nun weiter die Angaben des Wasserstoffthermometers mit denen einer Thermosäule aus Kupfer und Neusilber verglichen. Sind dieselben zwischen —100 und —130° in Uebereinstimmung gebracht worden, so bleiben ihre Temperaturangaben bis —193° gleich. Alsdann tritt aber der Punkt ein, wo der Wasserstoff aufhört, den Gesetzen von Gay-Lussac und Mariotte zu gehorchen und in Folge dessen fängt das Wasserstoffthermometer an, zu niedrige Temperaturen anzuzeigen. So z. B. ergab sich die Siedetemperatur von O und N unter Luftdruck mit beiden Wärmemessern gleich, nämlich für O zu —181,5 bis —186° und für N zu —193°. Aber die Angaben für den Erstarrungspunkt von CO und N waren verschieden, nämlich

	mit Wasserstoffthermometer	Thermosäule
für CO	—207	—199
N	—214	—203

Die Verflüssigung des Wasserstoffs ist nächst Pictet und Cailletet dem schon oft erwähnten S. v. Wroblewski[2]) gelungen. Als Erkältungsmittel wurde siedender Sauerstoff verwendet und dann der Druck, welcher auf den H wirkte plötzlich verringert. Es trat ein plötzliches Aufsieden ein, und man konnte dieses Sieden in einiger Entfernung vom Boden der Verdichtungsröhre beobachten, wenn auch außerordentlich schwer, wahrscheinlich weil die Dichte des flüssigen Wasserstoffs = 0,033 eine von der Dichte des Gases verhältnißmäßig wenig verschiedene ist. Auch K. Olszewski[3]) hat zahlreiche Versuche zur Verdichtung des Wasserstoffs angestellt. Bei einem Drucke von 100 atm und Abkühlung durch siedenden Sauerstoff gelang ihm die Verflüssigung nicht, ebenso wenig bei Verwendung von flüssiger Luft, also bei —142°, und 50 atm Druck. Endlich als bei Sauerstoffkühlung ein Druck von 190 atm zur Anwendung gelangte, trat bei plötzlicher Druckverminderung ein einige Secunden andauerndes Aufsieden ein, welches einzelne Tropfen des verflüssigten Gases, die gegen die Glaswand ge-

1) Compt. rend. 100 (1885) p. 979.
2) Compt. rend. 98 (1884) p. 304.
3) Compt. rend. 98 (1884) p. 365. 913; 99 (1884) p. 133.

worfen wurden, aber keinen Meniskus der Flüssigkeit erkennen ließ. Derselbe Versuch wurde mit flüssigem Stickstoff wiederholt. Der Wasserstoff stand unter 160 atm Druck und die Verdichtungsröhre wurde in im Vacuum siedendem Stickstoff gehalten. Ließ man den Druck plötzlich auf 40 atm sinken, so zeigte sich in der Röhre eine wasserhelle durchsichtige Flüssigkeit, die hin und her geschleudert wurde und an den Wandungen des Glasrohrs in Tropfen herab rollte. Einen Augenblick später hörte die Möglichkeit der Beobachtung auf, weil der Stickstoff gefror. Die Temperatur bei der Verdichtung des H betrug —213°. Die Erscheinung des farblosen flüssigen Wasserstoffs spricht im Allgemeinen gegen die Pictet'sche Annahme von der metallischen Natur des Wasserstoffs. S. v. Wroblewski[1]) ist zu ähnlichen Resultaten gelangt. Er hat den Wasserstoff bei einem Druck von 190 atm durch im Vacuum siedenden Stickstoff gekühlt und alsdann plötzlich den Luftdruck hergestellt. Der Wasserstoff bildete einen grauen Schaum oder Nebel, in welchem keine ungefärbten Tröpfchen sichtbar waren. Aber diese Färbung ließ noch keineswegs auf ein metallisches Ansehen des flüssigen Wasserstoffs schließen. Der Schaum oder Nebel zeigte mit Hülfe der Thermosäule eine Temperatur von —208 bis —211° an; doch ist wohl anzunehmen, daß die Einwirkungszeit nicht genügend lange war, um die Thermosäule völlig abzukühlen. Nach E. J. Mills[2]) liegt der Siedepunkt des Wasserstoffs nicht bei —208 bis —213, sondern bei —215°.

Stickoxyd. — Ueber die Verflüssigung des Stickoxyds in seinem Apparate berichtet L. Cailletet.[3]) Das Gas entwickelt er aus 2 Ballons, deren jeder 150 — 200 g trockenes Ammoniumnitrat enthält, durch Erhitzen, wäscht das Gas mit Schwefelsäure und Kalilauge und sammelt es in einem Gasometer an. Ist dieser gefüllt, so operirt man mit dem Verdichtungsapparat in gewöhnlicher Weise, indem man das aus dem Gasometer austretende Gas nochmals mit Schwefelsäure, dann mit festem Aetzkali reinigt und hierauf in die Pumpe gelangen läßt. Die Verflüssigung geschieht unter denselben Bedingungen

1) Compt. rend. 100 (1885) p. 979.
2) Chem. News. 50 (1884) p. 179.
3) Ann. Chim. Phys. [5] 29. (1883) p. 153.

und fast dem nämlichen Drucke wie derjenige der Kohlensäure. K. Olszewski[1]) macht über die Verflüssigung des Stickoxyds folgende Angaben. Das Stickoxyd wird hergestellt durch Erhitzen von Eisenvitriol mit verdünnter Salpetersäure. In die Verdichtungsflasche werden einige Stücke Aetzkali gelegt; die Compression muß bis zu 80 atm gesteigert werden können, War der Apparat gänzlich luftfrei, so ist das flüssige Stickoxyd farblos; im Falle Spuren von Luft vorhanden waren, sieht dagegen die Flüssigkeit durch gebildetes Stickstofftrioxyd (N_2O_3) grünlich aus. Der Meniskus der Flüssigkeit ist deutlich zu sehen, wird aber bereits bei 71,1 atm Druck undeutlich. Die folgenden Werthe wurden gefunden:

Druck	71,2	57,8	41,0	31,6	20,0 atm
Temperatur	— 93,5 (Kritischer Punkt.)	— 97,5	— 105,0	— 110,0	— 119,0

Druck	10,6	1 atm	138	18 mm
Temperatur	— 129,0	— 153,6	— 167,0 (Erstarrungspunkt.)	— 176,5

Das feste Stickoxyd bildet eine weiße schneeähnliche Masse. Bei der Verflüssigung des Stickoxyds steigt der Druck rascher als bei anderen Gasen, was namentlich im Vergleich mit dem Methan auffällt.

Kohlenoxyd. — Nach S. v. Wroblewski und K. Olszewski[2]) ist die Verflüssigung des Kohlenoxyds bedeutend schwieriger als diejenige des Sauerstoffs. Bei — 136° und einem Drucke von ungefähr 150 atm bleibt CO noch gasförmig. Bei plötzlicher Aufhebung des Drucks tritt ein mäßiges Aufsieden, wie das einer Flüssigkeit, ein; wird aber der Druck allmählich bis auf 50 atm erniedrigt, so wird das Kohlenoxyd flüssig, und die Flüssigkeit zeigt einen deutlichen Meniskus, ist durchsichtig und farblos, verdampft aber außerordentlich schnell. Ihr Siedepunkt[3]) ist von S. v. Wroblewski zu — 193° berechnet, aber zu — 186° bei Atmosphärendruck gefunden worden, was von einer Verunreinigung durch CO_2 herrührt; im Vacuum ergab diese Flüssigkeit den Siedepunkt

1) Compt. rend. 100 (1885) p. 940.
2) J. f. p. Ch. (N. F.) 28 (1883) S. 59.
3) Compt. rend. 98 (1884) p. 982.

— 200°. K. Olszewski[1]) hat vollständig gereinigtes Kohlenoxyd in einer Flasche der Natterer'schen Pumpe, die etwas festes Aetzkali enthielt, bis zu 70 atm comprimirt, ohne Verflüssigung zu erzielen. Nähere Untersuchung ergab den kritischen Punkt von —139,5° für das Gas, bei welcher Temperatur ein Druck von 35,5 atm zur Verflüssigung ausreicht. Bei Luftdruck bedarf es einer Abkühlung auf — 190°. Zwischen —139,5 und —190° ist das flüssige Kohlenoxyd durchscheinend und farblos. Bei — 211° im Vacuum entsteht eine schneeartige oder eine compakte durchscheinende Masse von festem Kohlenoxyd. Erzeugt man das Vacuum äußerst langsam, so daß nur Oberflächenverdampfung, aber kein Sieden eintritt, so entsteht völlig durchsichtiges festes Kohlenoxyd. Das Erstarren des Kohlenoxyds beginnt unter 100 mm Druck bei — 207° und ist bei — 211° beendet; bei 4 mm Druck zeigt das Kohlenoxyd die Temperatur — 220,5°. Ueber kritischen und Siedepunkt u. s. w. des Kohlenoxyds macht S. v. Wroblewski[2]) neuerdings folgende Angaben:

Druck . . .	34,6 bis 35,2	12,8 atm.	73,5	16
Temperatur	— 141,1	— 159,7	— 190	— 197,5
	Kritischer Zustand.			

Druck	10 — 9	oder 10	4 cm
Temperatur	— 199	— 198,83	— 201,6
		Erstarrungspunkt.	

Von — 190° an sind die Temperaturen mit der Thermosäule gemessen.

Kohlensäure. — Ueber die Verflüssigung der Kohlensäure in seinem neuen Apparate berichtet L. Cailletet[3]) folgendes. Die Kohlensäure wird mit dem Deville'schen Apparate (Princip des Kipp'schen Apparats) aus Marmor und Salzsäure hergestellt. Das Gas geht durch eine Waschflasche mit Natriumbicarbonat und zwei Chlorcalciumflaschen direct nach der Pumpe, wobei man die fast gesättigte Salzsäure des Kohlensäureentwicklers stets sofort zu erneuern hat, damit nicht Säure von der Pumpe bei mangelhafter Gasentwicklung aspi-

1) Compt. rend. 99 (1884) p 706; 100 (1885) p. 350.

2) Chem. News 51 (1885) p. 189 und Berl. Ber. 18 (1885.) Ref. S. 311.

3) Ann. Chim. Phys. [5] 29 (1883) p. 153.

rirt wird. Der Hahn im oberen Theil des Pumpenkörpers wird zuerst geöffnet, um die Luft aus dem Apparate zu entfernen. Ist dieselbe beseitigt, so beginnt bei geschlossenem Hahne die Compression der Kohlensäure, wobei Kühlung nicht nöthig ist, wenn die Temperatur 15° nicht übersteigt. Gleichwohl ist es zur Erleichterung der Operation vortheilhaft, mit einem Gemische aus Salz und Schnee oder Eis zu erkälten. — Im Großen wird flüssige Kohlensäure jetzt vielfach nach dem Verfahren von H. und J. F. Beins (D. R.-P. 30192 v. 18. März 84)[1]) hergestellt. In kräftigen eisernen Retorten mit großer Heizfläche wird doppelt kohlensaures Natron stark erhitzt. Der stark gearbeitete und mit Wasserkühlung versehene Deckel trägt das Gasableitungsrohr, welches zuerst in einen Kühler zur Verdichtung der Wasserdampfes gelangt ($2\,NaHCO_3 = Na_2CO_3 + H_2O + CO_2$). Von hier geht das Gas noch durch ein weiteres Condensationsgefäß, welches größeren Inhalt besitzt und in dem sich das flüssige Wasser ansammelt. Es folgen zwei in warmem Wasser stehende und mit Holzkohlen gefüllte Cylinder, in denen organische Beimengungen der Kohlensäure absorbirt werden. Endlich gelangt die Kohlensäure in den eisernen Verdichtungscylinder, welcher mit Eiswasser gekühlt ist und in dem sich die Kohlensäure durch den eigenen Druck verflüssigt. — Ueber feste Kohlensäure macht H. Landolt[2]) Mittheilungen. Die Kohlensäure kommt in neuerer Zeit flüssig in den Handel und zwar in eisernen Flaschen mit 8 kg Inhalt. Eine solche Flasche hat ein Ventil und eine seitliche Ausströmungsöffnung mit 5 mm weiter Bohrung. Will man feste Kohlensäure gewinnen, so schiebt man über die Ausströmungsöffnung ein kurzes hölzernes Rohr, an welchem sich ein Beutel aus glattem Wollentuch befindet; derselbe ist am unteren Ende Tabaksbeutelartig zugeschnürt. Läßt man die Kohlensäure in den Beutel einströmen, so vergast ein Theil und entweicht durch die Pooren des Beutels, während der Rest erstarrt und schneeartig im Beutel zurück bleibt. Durch Oeffnen des Beutels kann man die schneeartige Kohlensäure herausfallen lassen und auffangen; sie hält sich aber nicht lange ohne Vergasung. Dagegen kann man Stücke von großer Beständigkeit erhalten,

1) Dingl. pol. J. 256 (1885) S. 36.
2) Berl. Ber. 16 (1884) S. 309.

wenn man den Schnee in starkwandigen gebohrten Holzformen mit 41 — 45 mm Bohrungsdurchmesser durch einen eingepaßten Stempel zusammenpreßt. Die Form ist schwach conisch, der Schnee wird portionsweise eingetragen, das Pressen geschieht durch starke Hammerschläge auf den Stempel. Man bekommt so Cylinder von fester Kohlensäure, die in Härte und Aussehen der weißen Schreibkreide gleichen, sich mit dem Messer nicht schneiden, aber durch Schläge auf den Messerrücken spalten lassen und an feuchter Luft in Folge der Bildung von Wassernebeln rauchen. Mit der Hand kann man sie gefahrlos anfassen. Hüllt man sie mit dünnem Gummituch, Watte und Papier ein, so kann man sie länger als 5 Stunden erhalten. Nimmt man das Formen mit einem durch Aether befeuchteten Kohlensäureschnee vor, so erhält man durchscheinende, noch beständigere, aber weniger feste Stücke. Das specifische Gewicht der festen Kohlensäure war im Mittel 1,2, weshalb größere Stücke in Wasser untersinken, während kleinere in Folge von Gasbildung an der Oberfläche des Wassers gehalten werden. — Noch einfacher ist der Weg, welchen P. Köhler[1]) zur Gewinnung von fester Kohlensäure einschlägt. An die Ausflußöffnung des Gefäßes mit flüssiger Kohlensäure wird durch einen kurzen Gummischlauch ein aufwärts gebogenes an der freien Oeffnung verengtes Glasrohr angesetzt, dessen Spitze einige Centimeter in ein 15 mm weites und 0,5 m langes vertical stehendes Glasrohr hineinreicht. Das letztere ist oben durch einen Stopfen mit kurzem eingesetzten Glasrohr verschlossen. Die flüssige Kohlensäure strömt in das letztere Glasrohr, vergast zum Theil und verdichtet sich zum anderen Theile in Folge des Widerstandes, den der Pfropfen am oberen Ende der weiten Röhre leistet, fast plötzlich zu dicken Schneeflocken. Dieselben fallen theils von selbst, theils auf leichtes Anklopfen an die Röhre hin in eine untergehaltene Schale. Ein Hauptvorzug des Apparates ist der, daß die feste Kohlensäure in einem durchsichtigen Gefäße entsteht.[2])

Kritischer Punkt, Siedepunkt, Erstarrungspunkt.

Eine vollständige Besprechung der Eigenschaften aller ver-

1) Chem. Ztg. 8 (1884) S. 1376.

2) Ueber Ducretet's Apparat zur Erzeugung fester CO_2 siehe unter „Kohlenstoff".

flüssigten oder im festen Zustande bekannten Gase würde, so wünschenswerth sie sein mag, doch an dieser Stelle zu viel Raum beanspruchen. Dagegen seien wenigstens tabellarische Uebersichten über kritische Punkte, Siede- und Erstarrungspunkte der verschiedenen Gase gegeben, die freilich in vieler Hinsicht unvollständig bleiben müssen. Zu bemerken ist, daß hierbei insbesondere noch die Angaben von J. Dewar[1]) und von J. J. Coleman[2]), auf deren Arbeiten sonst nur theilweise oder gar nicht eingegangen werden konnte, benutzt worden sind. Die erste Tabelle giebt die kritische Temperatur und den kritischen Druck einiger Gase an, wobei die Reihenfolge durch die fallende kritische Temperatur bestimmt wurde.

Gas	Kritische Temperatur	Kritischer Druck in atm
SO_2	+ 155,4	78,9
Cl	+ 141,0	83,9
NH_3	+ 130,0	115,0
C_2N_2	+ 124,0	61,7
H_2S	+ 100,2	92,0
N_2O	+ 35,4	75,0
CO_2	+ 30,92*)	74,0*)
C_2H_4	+ 10,1**)	51,0
CH_4	— 81,8***)	54,9***)
NO	— 93,5	71,2
O	— 118,0†)	50,8†)
Luft	— 140,0	39,0
CO	— 141,1††)	34,6 — 35,2††)
N	— 146,25 bis 146,45	32,29 — 32,73
H	— 208,0 bis — 213°	?

Die folgende Tabelle führt den Siedepunkt des flüssigen Gases unter Atmosphärendruck, sowie Temperatur und Druck für den Erstarrungspunkt an.

1) Chem. News 51 (1885), p. 27.
2) Chem. News 51 (1885), p. 174.
*) Nach Coleman 31,9° und 77 atm.
**) Nach Cailletet + 13°
***) Nach Wroblewski — 73,5° und 56,8 atm und nach Dewar — 99,5° und 50 atm.
†) Nach Wroblewski — 113° u. 50 atm.
††) Nach Anderen — 139,5 u. 35,5 atm.

Gas	Siedepunkt unter Atmosphärendruck	Erstarrungspunkt
ClO_2	+ 9°	— 79°
Cl_2O_3	0°	—
SO_2	— 8 bis — 10,5°	— 75 bis — 80°
Cl_2O	— 19°	—
C_2N_2	— 20,7°	— 34,4° (Schmelzpunkt)
Cl	— 33,6°	— 102°
NH_3	— 33,7°	— 75°
H_2S	— 61,8°	— 85,5°
CO_2	— 78,2°	— 140° (?)
N_2O	— 86 bis — 88°	?
HBr	?	— 83°
HJ	?	— 87°
HCl	— 102°	— 115°
C_2H_4	— 102 bis — 103°	?
H_3As	— 102°	— 118°
NO	— 153,6	— 167° bei 138 mm
CH_4	— 155 — 164°	— 185,8° bei 80 mm
O	— 181 — 186°	— 211,5° bei 9 mm
CO	— 186 — 190°	— 199° bei 100 bis 90 mm
Luft	— 191,4 — 192,2°	?
N	— 193,1 — 194,4°	— 203—214° bei 70—60 mm
H	— 208 — 215° (?)	?

Anwendung verdichteter Gase.

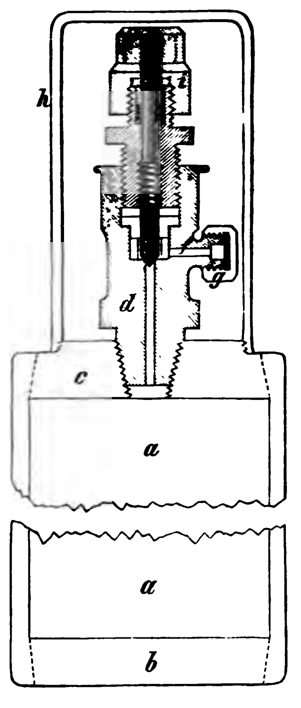
Was die Verwendung der verdichteten Gase zu Zwecken der Wissenschaft, des täglichen Lebens oder der Technik anbetrifft, so ist hierüber im Allgemeinen zu sagen, daß sie eine beschränkte ist. Während einige verflüssigte Gase ausschließlich zur Erkältung anderer Gase dienen, die verdichtet werden sollen, z. B. Methan, Aethylen, Stickstoff, Sauerstoff u. s. w., finden andre verdichtete Gase auch technische Verwendung als Kältemittel, z. B. schweflige Säure, Ammoniak, Kohlensäure. Seit lange bekannt ist die Benutzung des flüssigen Ammoniaks zu den sogenannten Ammoniakeismaschinen. Die nöthige Menge flüssigen Ammoniaks stellte man sich früher dadurch her, daß man in einem luftdicht mit dem Erkälter in Verbindung stehenden Gefäße gesättigte wässrige Ammoniaklösung erwärmte und das entweichende Gas sich unter eignem Druck verdichten ließ. Alsdann wurden in einen Hohlraum des Erkälters Gefäße mit Wasser eingesetzt und das im Erkälter befindliche flüssige Ammoniak dadurch zum raschen Verdunsten

gebracht, daß man das Wasser im Entwickler abkühlte. Die Verdunstungskälte brachte das Wasser in den Hohlraum des Erkälters eingesetzter Gefäße zum Gefrieren. Neuerdings verfährt man dagegen so, daß man mit Hülfe von eigenthümlich construirten Pumpen das Ammoniakgas verflüssigt und das flüssige Ammoniak in einem Röhrensystem zur Verdunstung bringt, welches in einer Salzlösung liegt. Diese letztere wird hierdurch wesentlich unter den Gefrierpunkt des Wassers abgekühlt, ohne selbst zu gefrieren; dagegen erstarrt das in besonderen Kästen in die erkältete Salzlösung eingestellte Wasser mit großer Geschwindigkeit. — Die flüssige schweflige Säure hat ebenfalls mehrfach als Kältemittel Benutzung gefunden, so z. B. in dem Pictet'schen Apparate zur Verdichtung des Sauerstoffs, in dem ebenfalls von Pictet herrührenden Rectificationsapparat für Alkohol (siehe dieses Jahrb. XX. 1884. S. 315. 316) u. s. w. — Das flüssige Stickoxydul[1]) findet nach A. W. Hofmann in der chirurgischen Praxis Verwendung, insbesondre bei zahnärztlichen Operationen. Hergestellt wird dasselbe hauptsächlich von Barth u. Co. in London und von Losse in Berlin. Es kommt in schmiedeeisernen Flaschen in den Handel, die ungefähr 850 g flüssiges Stickoxydul enthalten (= 431 Lit. bei 0^0 oder 450 Lit. bei gewöhnlicher Temperatur) und deren jede zu 50—60 Narkosen ausreicht. Der Verbrauch in Deutschland beläuft sich auf ungefähr 1000 Flaschen jährlich. Bekanntlich ruft das Stickoxydul, wenn es als Lach- oder Lustgas vermischt mit $^1/_4$ Vol. Sauerstoff eingeathmet wird, Rausch und Heiterkeit bei völliger Anästhetisirung hervor, welch letztere freilich nicht lange anhält. Die vielfältigste praktische Verwerthung hat aber bisher die flüssige Kohlensäure gefunden. Die Darstellung derselben im Großen geschieht nach dem von Raydt angegebenen Systeme in Deutschland hauptsächlich durch Krupp in Essen und Kunheim in Berlin[2]). Die letztere Firma versendet die flüssige Kohlensäure in schmiedeeisernen Flaschen mit an beiden Enden angeschweißten sich conisch verjüngenden Eisenplatten. Die Flaschen sind vor dem Gebrauche auf 250 atm Druck geprüft, während die Füllung selbst bei 30^0 nur einen

1) Berl. Ber. 15 (1882), S. 2668.
2) Chem. Centralbl. [3] 14 (1883), S. 671

Druck von 74 atm ausübt. E. Leybold's Nachfolger in Köln a. Rh. versenden die flüssige Kohlensäure in Flaschen, die ganz besonders geeignet zur Verwendung bei Vorlesungsexperimenten sind[1]) (siehe Figur 34). Dieselben fassen in a a ungefähr 4 Lit., sind aus Schmiedeeisen gefertigt und hängen in einem gußeißernen Gestelle, welches ihre Neigung um eine horizontale Axe, gleichzeitig aber durch eine Flügelschraube ihre Festhaltung in jeder Stellung gestattet. Die beiden Bodenplatten b und c sind angeschweißt und sehr stark. Der Ventilaufsatz d ist aus Rothguß hergestellt und in c eingeschraubt. Der Verschluß wird durch die Stellschraubenspindel e bewirkt. Bei f befindet sich das Entbindungsrohr mit Ueberfallmutter; ebenso ist e beim Versande mit Ueberfallmutter, der ganze Ventilaufsatz aber durch eine eiserne Kappe h verwahrt. Zur Entnahme von Kohlensäure wird e in die Höhe geschraubt und hierdurch f geöffnet. Soll die Kohlensäure gasförmig entweichen, so muß der Ventilaufsatz nach oben gerichtet sein, während bei Entnahme von flüssiger Kohlensäure die umgekehrte Stellung nöthig ist. Auch diese Flasche ist auf 250 atm Druck geprüft. de Haën[2]) in List vor Hannover bringt auf 100 atm geprüfte Flaschen mit 10 Lit. Inhalt zum Preise von 1,50 M. pro 1 Lit. in den Handel. Von E. Luhmann[3]) (D. R.-P. 29678 v. 27. Jan. 1884) ist ein Meßapparat für

Fig. 34.



1) Chemik. Ztg. 9 (1885) S. 512.
2) Chem. Ztg. 5 (1881) S. 135.
2) Dingl. p. J 255. (1885) S. 294.

flüssige Kohlensäure construirt worden. Man stellt die Kohlensäureflasche mit der Ausflußöffnung nach unten gerichtet und verbindet sie mit einer Rohrleitung, welche zum Meßapparate führt. Dieser selbst ist eine Art Dreiweghahn aus Rothguß. Der Griff des Hahnes wird durch ein retortenartiges Gefäß von bekanntem Fassungsraume gebildet. Liegt der Retortenbauch nach unten, so ist der Hohlraum der Retorte mit der Kohlensäureflasche in Verbindung gesetzt und füllt sich mit flüssiger Kohlensäure an. Dreht man den Retortenbauch nach oben, so ist die Flasche verschlossen, aber der dritte Weg des Hahnes, der nach außen führt, geöffnet und die abgemessene Menge Kohlensäure fließt aus.

Ueber die Verwendung der flüssigen Kohlensäure liegen zahlreiche Angaben vor. Die Vortheile, welche dieselbe bietet, sind im Allgemeinen die folgenden [1]). Erstens nimmt sie einen außerordentlich kleinen Raum ein. Schmiedeeiserne Flaschen von 10 Lit. Inhalt enthalten 8 kg flüssige = 4000 Lit. gasförmige Kohlensäure. Zweitens liegt in der Flüssigkeit eine bedeutende Menge Kraft aufgespeichert, die an beliebiger Stelle zur Geltung gebracht werden kann. Endlich bewirkt die flüssige Kohlensäure bei ihrer Vergasung eine bedeutende Erkältung. Auf diesen drei Haupteigenschaften beruht nun die praktische Verwerthung des verflüssigten Gases. Nach A. W. Hofmann [2]) ist es besonders die Benutzung in der Eisenindustrie, welche der flüssigen Kohlensäure Bedeutung verliehen hat. Abgesehen von dem durch Erkältung mit vergasender CO_2 bewirkten Loslösen der auf die Geschützrohre aufgeschrumpften eisernen Verstärkungsringe ist insbesondere der Dichtung von Stahlgüssen durch den Druck der vergasenden Flüssigkeit zu gedenken (siehe dieses Jahrb. XX. 1884. S. 277). Man bedient sich hierzu aus Gußstahl gefertigter Kohlensäurebomben von 100 kg Inhalt, die auf einem kleinen mit Heizung versehenen Wagen stehen; durch Erwärmung der flüssigen Kohlensäure kann man 200—800 atm Druck erzeugen. Wie zu den letztgenannten Zwecken, so benutzt F. A. Krupp die flüssige Kohlensäure auch zur Erzeugung von Blockeis. Im Allgemeinen dürften diejenigen Verwendungen die günstigsten sein, bei denen

1) Chem. Centralbl. 14 (1883) S. 671.
2) Dingl. p. J. 256 (1885) S. 122.

Druck und Erkältung gleichzeitig von Wichtigkeit sind, also diejenigen zu Bierpressionen und zur Erzeugung von kohlensauren Getränken. Ueber letztere Benutzung machen F. Heuser u. Co.[1]) Mittheilung. Aus der Kohlensäureflasche gelangt Kohlensäure in einen Vertheilungskessel, bis dessen Manometer 4—5 atm Druck anzeigt. Alsdann wird die Flasche verschlossen und aus dem Vertheiler die Kohlensäure in den Mischkessel abgelassen, dessen Wasser durch ein Rührwerk in Bewegung erhalten wird. Unter 1—2 atm sättigt man das Wasser, läßt hierauf durch einen Hahn die Luft entweichen und endlich die Kohlensäure von neuem, aber unter einem Drucke von 4 atm auf das Wasser wirken. Alsdann ist das Wasser gesättigt und wird auf Flaschen abgelassen. Vielfach wird auch der Druck der vergasenden flüssigen Kohlensäure zu Feuerlöschzwecken und zum Betriebe kleiner Motoren benutzt. Die Dampffeuerspritze mit flüssiger Kohlensäure von Branddirector Witte[1]) in Berlin führt Kohlensäurebomben mit sich, aus welchen im geeigneten Momente aus mit Rückschlagsventil versehenem Rohre in den Dampfraum des Kessels Kohlensäure eingelassen werden kann. Die Kohlensäure muß aber angewärmt werden, weil sie sonst das Wasser zum Gefrieren bringen würde. Auf diese Weise ist die Spritze sofort functionsfähig, während sonst 4—5 Minuten vergehen, ehe die nöthige Dampfpression erreicht ist. Sobald letztere aber eintritt, schließt sich die Kohlensäureflasche und die Spritze fungirt nunmehr als Dampfspritze (D. R.-P. 21931 v. 10. Sept. 1882). Speciell von der Eigenschaft der Kohlensäure, die Verbrennung nicht zu unterhalten, vielmehr Feuer zu ersticken, macht L. Mönch in Berlin ergiebigen Gebrauch durch seine zahlreichen Feuerlöschvorrichtungen. Nach Versuchen von Fresenius verlöscht jedes Feuer in einer Luft, die 17 bis 20% CO_2 enthält. Hierauf ist das Verfahren von Mönch basirt, indem nach demselben im richtigen Momente der vom Feuer bedrohte Raum mit genügenden Mengen aus flüssigem Zustande vergaster Kohlensäure erfüllt wird. Dazu bedient man sich kleinerer oder größerer, beweglicher oder stehender Gefäße mit Kohlensäurefüllung

1) Dingl. p. J. 256 (1885) S. 122.
2) Dasselbe 248 (1883) S. 429.

und Rohr- oder Schlauchführung, die entweder durch Menschenhand oder selbstthätig im Momente des Bedarfs geöffnet werden. Der größte derartige Apparat, Löschbatterie genannt, soll 40000 Lit. Kohlensäure pro Minute entwickeln. Speciell über Kohlensäuremotoren liegen Angaben von C. A. Herberts[1]) vor. Darnach ist flüssige Kohlensäure verwendbar zum Betriebe von Fahrstühlen und Aufzügen, von lenkbaren Luftballons (?), von Gesteinsbohrmaschinen und Luftbremsen, als Betriebskraft für Straßenbahnen u. s. w. Zum letzteren Zwecke bedient man sich einer Kohlensäurelocomotive. Die Kohlensäure strömt aus der Flasche in ein Schlangenrohr, welches in Chlorcaliumlösung liegt, tritt dann in die Doppelwandung eines mit Sodalösung gefüllten Kessels und schließlich in den Schieberkasten. Die gebrauchte Kohlensäure gelangt in den Kessel zurück. Die Chlorcaliumlösung wird so stark erkältet, daß in sie eingesetzte Wassermengen zum Gefrieren kommen. Der Sodakessel soll die Kohlensäure so weit erwärmen, daß der Apparat nicht einfrieren kann; die Soda wandelt sich durch die ausblasende Kohlensäure in Bicarbonat um, welches nach dem Systeme Beins wieder zur Kohlensäure- und Sodafabrication verwendet werden kann.

Die Elemente und einige Verbindungen derselben.

Chlor.

Darstellung des Chlors und der Salzsäure. — Bei der gewöhnlichen Art der Chlordarstellung aus Salzsäure und Braunstein muß der Braunstein regenerirt werden. Diese Wiedergewinnung des Mangansuperoxyds muß mit möglichst geringen Kosten verbunden sein. W. Weldon und W. Strype haben darauf hinzielende Vorschläge gemacht (Engl. Patent 222 v. 18. Jan. 81)[2]), die gleichzeitig auch bei der eigentlichen Chlordarstellung Ersparnisse herbeiführen sollen. Die schwefelsäurehaltige Salzsäure des Handels wird zur Abscheidung der Schwefelsäure mit Chlorcalium versetzt. Dies

1) Chem. Ztg. 9 (1885) S. 815.
2) Dingl. p. J. 246 (1882) S. 421; Chem. Ind. 5 (1882) S. 1.

geschieht in Filtrirgefäßen aus Holz mit Sandsteinboden und falschem Boden, welch letzterer Kieselsteine als Filtermaterial trägt. Die Salzsäure läuft durch das Kieselsteinfilter ab und kann durch ein Abflußrohr aus Thon am eigentlichen Boden des Gefäßes abgelassen werden, während der Gyps auf dem Filter zurückbleibt. Die Säure gelangt in die Chlorentwickler und die hierbei entstehende salzsaure Lösung wird nach Beendung des Processes nicht wie gewöhnlich mit kohlensaurem Kalk, sondern mit Mangan- oder Weldonschlamm neutralisirt. Das ist in wenigen Minuten geschehen und man läßt nunmehr absitzen. Der Schlamm, den man hierbei erhält, ist nicht, wie bei dem älteren Verfahren Gyps mit Kreide vermischt, sondern in der Hauptsache Braunstein, den man ohne Weiteres in die Chlorentwickler zurückgeben kann. Hierdurch wird der Manganverlust auf höchstens 1 % reducirt, während man bei der besseren Ausnutzung der gereinigten Säure ungefähr 16 % mehr Chlorkalk erhalten kann. Die neutralisirte geklärte Lösung führt man noch warm in die Oxydirer ein. Da übrigens die Reinigung der HCl keine absolute ist, so muß von Zeit zu Zeit einmal eine Operation der Neutralisation in gewöhnlicher Weise vorgenommen werden. Als Chlorcalciumlösung benutzt man die sonst beim Weldonverfahren unbenutzt abfließende Flüssigkeit, welche $CaCl_2$ enthält. Das Verfahren ist mit Erfolg in die Praxis eingeführt und dürfte insbesondere für Deutschland wichtig sein, da hier die HCl noch einen höheren Werth hat als in England.

Ein neues Verfahren zur Chlordarstellung rührt von W. Weldon[2]) her. Nach früheren Angaben desselben Erfinders wurde eine gemischte Lösung von Manganchlorür und Magnesiumchlorid zunächst in offenen Gefäßen concentrirt, dann im Muffelofen zur Trockne verdampft, die entweichende Salzsäure verdichtet und der Rückstand in einem anderen Ofen unter Luftzutritt geglüht. Dabei entweicht ein Gemisch aus Chlor und Salzsäure, während Magnesiummanganit ($MgO + MnO_2$) hinterbleibt. Letzterer Rückstand wird mit wässriger Salzsäure erwärmt, wobei Chlor entweicht und abermals eine Lösung von $MgCl_2 + MnCl_2$ entsteht. Dieses Verfahren ist jetzt

1) Dingl. p. J. 245 (1882) S. 24.

wesentlich abgeändert worden (D. R.-P. 17050 v. 4. Mai 81; Engl. P. 964 bis 968 v. 7. März 81). Die Lösung der beiden Chloride wird in passender Weise concentrirt und mit dem bei der früheren Operation gewonnenen Magnesiummanganit vermischt. Das Gemenge wird eingedampft und der Rückstand bei Luftzutritt erhitzt. Auf diese Weise erleidet der Trockenapparat beim Eintrocknen keinen Schaden. Die trockne Masse läßt sich leicht zu Stücken formen die einerseits porös genug sind, um Luft hindurch zu lassen, andrerseits Härte und Unschmelzbarkeit besitzen. Wird der Manganit vorher auf die Temperatur der Lösung der beiden Chloride erhitzt, so saugt er beim Einmischen die Lösung schnell auf, und mäßiges Umrühren giebt eine vollständig innige Vermischung. Das Gemenge kann man in solchen Verhältnissen machen, daß es in der Hitze ein kaum feuchtes, nur wenig anhängendes Pulver ist, welches sich ohne weiteres formen läßt. Durch die geformten Massen wird dann Luft geblasen, welche in einem Winderhitzer auf hohe Temperaturen gebracht wurde. Dieses Verfahren erfordert weniger Brennstoff und giebt mehr freies Cl, als das früher angewendete. Das Magnesiummanganit macht nämlich aus wässriger Salzsäure nur 1/4 des Chlors frei, das übrige Chlor wird zur Bildung von $MgCl_2 + MnCl_2$ verbraucht. Durch Erhitzen des letzteren Gemisches erhält man höchstens die Hälfte des Chlors, macht also im Ganzen 62,5 % des Gesammtchlors der HCl. Werden dagegen die gemischten Chloride mit Magnesiummanganit bei Luftzutritt erhitzt, so erhält man 25 % des HCl direct und 90 % vom Chlor der Chloride, insgesammt also 92,5 % des Chlors der Salzsäure. Bei der Anwendung des eben angeführten Verfahrens hat sich nun ergeben, daß die geformten Stücke zu geringen Zusammenhang besitzen und leicht in Staub zerfallen, welcher das weitere Durchstreichen der Luft verhindert. Dies gilt besonders von dem älteren Erhitzungsapparat, der aus einer Reihe von senkrechten Cylindern bestand. Neuerdings[1]) (D. R.-P. 27137 v. 2. Oct. 83) wird statt dessen eine cylindrische Retorte verwendet. Die Retorte ist ein liegender Cylinder aus feuerfestem Thone, nur auf der Seite der Einfüllung auf eine kurze Strecke aus Gußeisen. Dieser

1) Dingl. p. J. 253 (1883) S. 156.

Cylinder ist von einem schmiedeeisernen, feuerfest ausgefütterten, cylindrischen Mantel umgeben, und der so gewonnene Hohlraum dient als Feuerung, indem Generatorgase und Luft in ihn eintreten und entzündet werden. Retorte und Mantel sind fest mit einander verbunden und ruhen auf Reibungsrollen, welche die Drehung des Ganzen ermöglichen. Es wird nun festes Manganchlorür oder eine Mischung von $MnCl_2 + MgCl_2$ oder $CaCl_2$ pulverisirt und mit Pulver des festen Rückstands früherer Operationen vermischt. Ist letzterer fester Rückstand Magnesium- oder Calciummanganit, so muß die Lauge mit MgO oder CaO neutralisirt werden. Ist er dagegen Manganmanganit, so wird die Rückstandslauge aus den Entwicklungsgefäßen in einem Thurme, in welchem sie in feiner Vertheilung abziehenden Rauchgasen entgegenströmt, concentrirt und von Salzsäure befreit. Die Gase des Thurmes werden condensirt und geben eine schwache Salzsäure, die als Vorlegeflüssigkeit für die eigentlichen Salzsäureentwickler dienen kann. Die Retorte wird nun so erhitzt, daß die Temperatur an der Einfüllungsöffnung niedriger liegt, als der Schmelzpunkt des Chlorids. Die Beschickung geschieht mit dem Chlorid allein, denn die rotirende Retorte besorgt alsdann schon von selbst die Beimischung des mit Hitze und Luft behandelten Materials, ehe die bis zum Schmelzpunkte des Chlorids erhitzten Stellen der Retorte erreicht sind. Auf der einen Seite der Retorte, die zugleich zum Entleeren dient, tritt Luft ein; auf der anderen erfolgt die Beschickung und gleichzeitig das Entweichen der mit Chlor beladenen Gase.

Mit der vorbereitenden Reinigung der Salzsäure beschäftigt sich das Verfahren von Ch. Wigg[1]) (Engl. P. 1220 v. 14. März 82). Die Salzsäure soll mit Chlorbaryum oder Chlorstrontium von der Schwefelsäure befreit werden. Diese Schwefelsäure ist nachtheilig, weil sie beim Chlorgewinnungsprocesse selbst einen Niederschlag von $CaSO_4$ ergeben würde. Hierdurch wäre Mehrbedarf an HCl bedingt, und dieser Ueberschuß von HCl müßte schließlich wieder neutralisirt werden. Der Niederschlag von $BaSO_4$ oder $SrSO_4$ wird ausgewaschen und mit $CaCl_2$ verschmolzen; die geschmolzene Masse läßt man

1) Chem. Ind. 6 (1883) S. 73.

in dünnen Kuchen erstarren und laugt letztere bei 35° möglichst schnell mit reinem Wasser aus. Es löst sich $BaCl_2$, ungelöst bleibt $CaSO_4$. Sollte in der Salzsäure etwa schweflige Säure vorhanden sein, so müßte dieselbe vorher mit MnO_2 oxydirt werden.

Das Schicksal der Leblanc-Sodafabriken hängt im Wesentlichen davon ab, daß bisher nur diese Sodafabriken Chlorkalk in billiger Weise zu erzeugen wußten. Neuerdings ist man aber auch eifrig bemüht, Chlor aus den Abfällen der Ammoniaksodafabriken darzustellen.[1]) Da ist zuerst des Verfahrens von L. Mond zu gedenken. Die abfallenden Salmiaklaugen der Ammoniaksodafabriken werden eingedampft, wobei kohlensaures Ammon entweicht und verdichtet wird, während Kochsalz sich ausscheidet und ausgeschöpft wird. Das trockene Chlorammon wird mit so viel H_2SO_4 versetzt, als zur Bildung von NH_4HSO_4 nöthig ist, wobei nunmehr Salzsäure entweicht. Das saure Ammoniumsulfat wird entweder an Stelle von Schwefelsäure zum Aufschließen von Phosphaten verwendet oder durch Ammoniak in das neutrale Salz verwandelt; im letzteren Falle würde freilich wohl mehr Ammonsulfat erzeugt werden, als im Handel gebraucht wird.

Eine andre Idee, im Ammoniakproceß Salzsäure und Chlor zu gewinnen, ist die, zunächst in gewöhnlicher Weise Sulfat aus Kochsalz darzustellen, wobei also die Salzsäure in alter Weise erzeugt und condensirt wird, das Sulfat aber nachher bei 34° mit Ammoniak und Kohlensäure zu sättigen, wobei $(NH_4)_2SO_4 + NaHCO_3$ entstehen. Diese Idee ist erst durch das Patent von F. Carey, H. Gaskell und F. Hurter in vortheilhafter Weise verwerthet worden. Es wird nämlich $(NH_4)_2SO_4$ beim Erhitzen mit Na_2SO_4 vollständig in $NH_3 + NaHSO_4$ verwandelt. Letzteres setzt sich beim Erhitzen mit Kochsalz wie folgt um: $NaCl + NaHSO_4 = HCl + Na_2SO_4$. Es findet also theoretisch gar kein Schwefelsäureverlust statt. Auf Grund dieses Processes dürfte künftig vielfach in Ammoniaksodafabriken Salzsäure erzeugt werden, wenn es nicht etwa gelingt, durch MgO das Ammoniak des Salmiaks frei zu machen und das hierbei entstehende $MgCl_2$ wieder zu Magnesia unter

1) Dingl. p. J. 255 (1885) S. 169.

Chlor- oder Salzsäureentwicklung zurück zu bilden. Die hierauf sich beziehenden Versuche von W. Weldon sind zum Theil bereits angeführt; der genannte Chemiker geht davon aus, Mischungen von Metallchloriden ($MgCl_2$, $MnCl_2$) und Metalloxyden bei hoher Temperatur mit Luft zu behandeln. Die Firma Pechiney u. Co. in Salindres hat praktische Versuche mit diesem Verfahren angestellt. Wird $MgCl_2$ mit MgO in geeigneter Weise vermischt, so entsteht Mg_2OCl_2. Dieses Oxychlorid verwandelt sich beim Erhitzen mit Luft zur Hälfte in $MgO + Cl$; die andre Hälfte des Chlors wird als Salzsäure gewonnen. Man würde also im Ammoniaksodaproceß die Salmiaklaugen stark concentriren, mit $MgCl_2 + MgO$ versetzen und den Rückstand bei Luftzutritt erhitzen. Ch. Taquet[1]) (D. R.-P. 30839 v. 17. Juni 84) will Chlor aus den Chlorcalciumrückständen der Ammoniaksodafabriken gewinnen. Es wird nämlich Chlorcalcium bei Gegenwart eines Oxydationsmittels durch Kieselsäure in hohen Temperaturen zersetzt. Als Oxydationsmittel ist Braunstein zu empfehlen; die Reaction verläuft dann wie folgt: $CaCl_2 + MnO_2 + 2SiO_2 = CaSiO_3 + MnSiO_3 + Cl_2$. Es werden 300 kg Chlorcalcium pulverisirt und mit 450 kg Braunsteinpulver und 550 kg Kieselerde vermischt; die Mischung wird bis zur Rothgluth erhitzt. War Feuchtigkeit entstanden, so bildet sich auch HCl (trotz Gegenwart des Braunsteins?), die man durch eine Waschflasche, in welcher Braunstein mit Wasser aufgeschlämmt ist, beseitigt.

Eine continuirliche Chlordarstellung giebt J. Townsend[2]) (D. R.-P. 29307 v. 16. März 84) an. Kochsalz oder Chlorkalium wird mit Magnesiumsulfat und Thon oder Kieselsäure gemischt. Das Gemenge wird getrocknet und erhitzt, wobei es porös wird. Diese porösen Massen werden in gemauerten Retorten im Strome von Wasserdampf erhitzt, wobei Salzsäure entweicht. Dieselbe gelangt in als Retorten dienende, weite Schlangenrohre, welche mit einem Gemische aus Braunstein, Magnesia und Thon beschickt sind. Die Retorten sind durch Feuergase auf 200 — 300° erhitzt; die Salzsäure gelangt in sie, nachdem sie mit erwärmter Luft vermischt wurde. Der Proceß in der Retorte spielt sich wie folgt ab:

---

1) Chem. Ind. 8 (1885) S. 105.
2) Dingl. p. J. 255 (1885) S. 120.

(1) $MnO_2 + 4HCl = MnCl_2 + 2H_2O + Cl_2$; (2) $MnCl_2 + MgO + 2H_2O + O_2 = MnO_2 + MgO + 2H_2O + Cl_2$. Darnach bedürfte also die Retortenfüllung keiner Erneuerung. Das entweichende wasserhaltige Chlor gelangt zunächst in Verdichtungsschlangen für das Wasser, von wo das Chlorgas direct in die Chlorkalkkammern geht. Offenbar ist auch dieser Proceß wie der schon früher angeführte (dieses Jahrb. XVIII 1882. S. 341) im Zusammenhange mit der Staßfurter Kaliindustrie zu denken; ob er aber einen Fortschritt gegenüber dem früheren Verfahren bezeichnet, ist zweifelhaft, denn gerade daß bei dieser älteren Methode das fast werthlose Chlormagnesium benutzt wurde, war ein bedeutender Vorzug derselben.

Auf die Darstellung von Chlor aus Chlormagnesium und anderen Chloriden und Oxychloriden greift denn auch R. Nithack[1]) (D. R.-P. 30742 v. 29. Mai 1884) zurück. Es werden heiße concentrirte Lösungen von Chloriden oder Oxychloriden des Magnesiums, Mangans oder Chroms verwendet. An der Oeffnung des Zuführungsrohres dieser Lösungen befindet sich ein Zerstäuber, der die Lösung in einen heißen Kanal verstäubt. In den Kanal schlägt die Flamme der Feuerung. Der Kanal selbst enthält eine Kammer mit schräggestellten treppenartigen Einsätzen aus feuerfestem Material, sowie einen falschen Boden aus eben solchen Platten. Die Zersetzung erfolgt in dem Kanal und der Kammer. Die festen Rückstände fallen durch den falschen Boden in eine Ausräumkammer, während die Gase durch ein Regenerativsystem und dann in einen Condensator xc. gehen. Die Processe selbst sollen nach folgenden Gleichungen verlaufen: (1) $MgCl_2 + H_2O = MgO + 2HCl$; $2HCl + O = H_2O + Cl_2$. (2) $MgCl_2, MnCl_2 + 2H_2O = MgO, MnO + 4HCl$; $MgO, MnO + O = MgO + MnO_2$. (3) $Cr_2 Cl_6 + 2CaCl_2 + 5H_2O = Cr_2O_3 + 2CaO + 10HCl$; $2CaO, Cr_2O_3 + 3O = 2CaCrO_4$.

Ebenfalls auf Zersetzung der Chlorverbindungen von Mangan, Magnesium xc. berechnet ist der Zersetzungsofen von Pechiney u. Co.[2]) (D. R.-P. 30841 v. 1. Juli 84). Der Ofen steht mit Regenerativfeuerung in Verbindung und wird von brennenden Gasen in abwechselnder Richtung durchzogen.

1) Dingl. p. J. 256 (1885) S. 127.
2) Ebenda S. 275.

Sind die Oefen genügend erhitzt, so wird Feuerung und Schornstein abgesperrt. Die Chlorverbindungen werden durch einen auf dem Ofen angebrachten Deckel eingefüllt und im Ofen bis zur Zersetzung belassen; alsdann wird der Rückstand durch Thüren am Boden des Ofens herausgezogen. Der Vorzug dieser Einrichtung ist, daß das Material gar nicht mit den Feuerungsgasen in Berührung kommt. Dagegen ist man im Stande durch besondere Vorrichtungen vorgewärmte Gase, z. B. Luft, in den Ofen eintreten zu lassen.

Chlor oder Salzsäure aus Chlormagnesium gewinnt auch W. Weldon [1]) (Engl. P. 968 v. 7. März 81) (siehe Seite 290). Bekannt ist, daß eine 88 % Chlormagnesium haltende Lösung beim Erhitzen Salzsäure entwickelt. Vorzuziehen ist jedoch die Arbeit mit einer 33procentigen Lösung, zumal dieselbe in der Kälte nicht erstarrt. Man mischt der Lösung Magnesia bei und erhält Magnesiumoxychlorid; sobald dasselbe erhärtet ist, zerschlägt man es in Stücke und erhitzt es im Luftstrom, falls man Chlor entwickeln will. Als Rückstand bleibt in der Hauptsache MgO. Noch bessere Ausbeute erhält man, wenn man die Chlormagnesiumlösung mit einem Gemische aus Magnesium- und Eisenoxyd versetzt.

In Verbindung mit der Ammoniaksodafabrikation gewinnt G. Eschellmann [2]) (D. R.-P. 17058 v. 17. Juli 81) Salzsäure aus Chlorcalcium und Chlormagnesium nach folgendem Verfahren. Beim Erhitzen von Chlorcalcium mit Magnesiumsulfat spielt sich folgende Reaction ab: $CaCl_2 + MgSO_4 + H_2O = (MgO, CaSO_4) + 2HCl$. Man feuchtet ein Gemisch aus äquivalenten Mengen von gemahlenem Chlorcalcium und Magnesiumsulfat mit Wasser zu einem steifen Brei an und setzt die Masse in geeigneten Oefen einer mäßigen Glühhitze aus. Die entwickelte Salzsäure ist frei von Eisen, Arsen und Schwefelsäure. In gleicher Weise läßt sich Chlormagnesium verarbeiten, indem man es mit $MgSO_4$ oder $CaSO_4$ vermischt und erhitzt: $MgCl_2 + MgSO_4 + H_2O = MgO, MgSO_4 + 2HCl$. Der bei beiden Operationen bleibende Rückstand von basischem Sulfat wird seines Magnesiagehaltes halber am ein-

1) Chem. Ind. 5 (1882) S. 152.
2) Ebendas. S. 35.

fachsten zum Freimachen des Ammoniaks aus den Salmiaklaugen der Ammoniaksodafabriken verwendet. Die Magnesia verwandelt sich hierbei in Chlormagnesium; dampft man nun also das Gemisch aus $MgCl_2 + MgSO_4$ oder $MgCl_2 + CaSO_4$ ein, so hat man sofort neues Material zur Salzsäurefabrikation. Auch kann man aus MgO, $MgSO_4$ durch Kochen mit Wasser eisenfreie Magnesia gewinnen, wobei $MgSO_4$ in Lösung geht. Zu bemerken ist schließlich, daß $CaCl_2$ und $CaSO_4$ selbst bei heftiger Gluth nicht auf einander wirken. — Endlich hat E. Solvay[1]) (D. R.-P. 29846 v. 7. Mai 84) sein früheres Patent zur Darstellung von Salzsäure aus Chlorcalcium (dieses Jahrb. VIII. 1882. S. 341) in mehreren Punkten verbessert. Wird ein Gemisch von $CaCl_2$, Kieselsäure und Thonerde in solchen Verhältnissen hergestellt, daß darin die Mengen sich theoretisch entsprechen, so erhält man eine Masse, welche bei der Reactionstemperatur erweicht und zusammenbäckt, was hinderlich ist. Setzt man einen Ueberschuß an SiO_2 oder Al_2O_3 zu, so wird die Masse allerdings schwer schmelzbar, aber der Rückstand ist zu weiterer Verwendung ungeeignet. Dagegen ist ein Gemisch von allen gewünschten Eigenschaften zu erhalten, wenn man einen genügenden Antheil des Rückstands aus einer früheren Behandlung zusetzt. Zu bemerken ist noch, daß man als Kieselsäure nicht Sand, wohl aber kieselsäurereiche Thone, Infusorienerde, Kieselguhr und gefällte Kieselsäure verwenden kann.

Ueber die Zukunft der Chlorindustrie referirt F. Hurter[2]) ausführlich. Bekanntlich sind die Ammoniaksodafabrikanten eifrig bestrebt, die Leblancindustrie auch dadurch zu schlagen, daß sie mit ihrem Verfahren die Chlorgewinnung vereinigen oder für den Chlorkalk — und in dieser Form kommt das Chlor ja in den Handel — andre Bleichmittel einzuführen suchen, die aus Abfällen der Ammoniaksodafabriken hergestellt werden. In letzterer Hinsicht ist besonders des Versuchs von L. Mond zu gedenken, nach welchem aus der Chlorcalciumlauge Calciumsuperoxyd (CaO_2, $8H_2O$) hergestellt werden soll. Dies CaO_2 soll dann zur Wasserstoffsuperoxydgewinnung dienen. Aber H_2O_2 bleicht langsamer als Chlorkalk, und ähnliche Mängel weisen alle anderen Bleichmittel gegenüber dem Chlor-

1) Dingl. p. J. 255 (1885) S. 307.
2) Dasselbe 249 (1883) S. 126.

kalke auf. Dies geht ganz besonders aus der folgenden Preisliste hervor, die auf diejenige Menge von Bleich- oder Oxydationsmittel berechnet ist, welche 16 t nutzbaren Sauerstoff enthält:

Bleich- oder Oxydationsmittel	Preis in 1000 Mark
Chlorkalk	20
Kaliumchlorat	30
Kaliumhypermanganat	51
Kaliumdichromat	109
Baryumsuperoxyd	480
Wasserstoffsuperoxyd	1490
Rothes Blutlaugensalz	2630

Es muß also offenbar das Bestreben der Ammoniaksodafabrikanten sein, ebenfalls Chlorkalk darzustellen, sei es nun, daß sie erst Salzsäure, sei es daß sie sofort Chlor aus ihren Rückständen gewinnen. Nach dem Solvay-Weldon-Verfahren gewinnt man HCl durch Erhitzen des geformten Gemisches aus Chlorcalcium und Thon mit überhitztem Wasserdampf; die entstehende verdünnte Salzsäure wird durch concentrirte Chlorcalciumlauge ihres Wassers beraubt und alsdann condensirt. Da hierbei viel Apparate und Arbeit erfordert werden, so ist das Verfahren kaum rentabel.

Anderweite Verfahren zur Gewinnung von HCl oder Cl sind bereits angeführt, nämlich nach L. Mond aus den Chlorammonlaugen; nach Carey, Gaskell und Hurter aus Kochsalz mit Verarbeitung des Sulfats nach dem Ammoniakverfahren; nach Taquet, Eschellmann und Solvay aus Chlorcalciumlaugen u. s. w. Andrerseits hat man auch vielfach Verbesserungen der Chlorgewinnung nach dem alten Verfahren angestrebt. Als solche Verbesserung ist das Verfahren von Vorster und Grüneberg kaum anzusehen; denn hier soll Kochsalz durch Thon in der Weise zersetzt werden, daß Salzsäure und Natronwasserglas entsteht, wobei aber zweifellos die Apparate stark leiden. Bei den älteren Verfahren von Deacon, von Weldon und von Hargreave erhält man theils gasförmige, theils wässrige Salzsäure; nicht jede Salzsäure ist aber ohne Weiteres zur Chlorbereitung geeignet; das Chlorwasserstoffgas nach dem Hargreave'schen Verfahren ist z. B. zu reich an N, zu arm an O, um direct benutzt werden zu können.

Es ist überhaupt vielfach bei der Erfindung neuer Chlor-

processe zu wenig Rücksicht auf die Theorie der Chlordarstellung genommen worden. Soll Chlor aus Chlorwasserstoff frei werden, so muß der H mit einem anderen Elemente vereinigt werden. Nun ist es stets leicht, Reactionen auszuführen, bei welchen Wärme frei wird, umgekehrt aber häufig unmöglich, Wärme in chemische Energie umzusetzen. Deshalb ist es leicht, eine Verbindung mit kleiner Bildungswärme in eine solche mit großer umzusetzen, der umgekehrte Weg aber stets schwer, oft unmöglich. Die Reactionen wiederum, bei denen Wärme gebunden wird, sind meist um so schwieriger, je mehr Wärme absorbirt wird. Wo sehr hohe Wärmebindung stattfindet, sind in der Regel kostspielige indirecte Processe nöthig. Was nun speciell den Chlorwasserstoff angeht, so ist in ihm der H sehr reactionsfähig, denn alle andern Chlorverbindungen (soweit sie bei der Chlordarstellung in Frage kommen) sind weit beständiger als HCl. Die höchste Bildungswärme von allen Wasserstoffverbindungen hat Wasser, folglich ist nur O zur Zersetzung des HCl verwendbar. Aber die Affinitäten zwischen H und Cl einerseits, H und O andrerseits sind so wenig verschieden, daß schon der Uebergang aus einem in den andren Aggregatzustand die Verhältnisse ändert. In folgenden Zahlen ist die Affinität in Wärmeeinheiten ausgedrückt, die während der Vereinigung frei werden:

Flüssig $\begin{cases} 2HCl = 78\,640 \\ H_2O = \underline{68\,360} \end{cases}$ Gasförmig $\begin{cases} H_2O = 58\,700 \\ 2HCl = \underline{44\,000} \end{cases}$

$Cl_2 > O$; Ueberschuß $= 10\,280$ $O > Cl_2$; Ueberschuß $= 14\,700$

Es geht hieraus hervor, daß eine directe Zersetzung von flüssiger Salzsäure durch freien Sauerstoff unmöglich, im gasförmigen Zustande dagegen möglich ist, weil im Gaszustande Wasser, im flüssigen dagegen Salzsäure die festere Verbindung ist. Will man mithin aus wässriger Salzsäure Chlor darstellen, so muß man nicht allein Sauerstoff, sondern auch eine gewisse Menge chemische Energie zur Verfügung haben. Man muß also nascirenden unter Wärmeentwicklung frei werdenden Sauerstoff verwenden. Wir sind mithin auf Oxyde angewiesen, die erstens Sauerstoff und Wärme entwickeln, und die zweitens mehr O enthalten, als dem zur Chloridbildung nöthigem Chlor entspricht. Diesen beiden Bedingungen genügen nur die Superoxyde, unter denen sich wiederum das des Mangans am

meisten empfiehlt, weil es sich aus der Chlorverbindung am leichtesten wieder regeneriren läßt und am billigsten ist. Aus alledem geht hervor, daß Weldon's älterer Proceß (das gewöhnliche Chlorgewinnungsverfahren) kaum übertroffen werden kann. Hat derselbe auch den Fehler, nur etwa 1/3 der Salzsäure unter Freimachung des Chlors sich zersetzen zu lassen, so erfordert doch der neue Weldon-Proceß (S. 286), der fast alles Chlor frei liefert, soviel mehr Arbeitskräfte und Apparate, daß der mit dem so gewonnenen Chlor bereitete Chlorkalk kaum billiger sein wird, als der nach dem alten Verfahren hergestellte.

Was endlich den Deacon-Proceß anlangt, so ist derselbe der einzige, nach welchem man Salzsäuregas durch eine einfache Reaction zersetzen kann. Bei der Reaction $2HCl + O = H_2O + Cl_2$ wird Wärme frei. Vortheilhaft ist die Verwendung einer katalytischen Substanz, am besten von Kupferchlorid; dasselbe zersetzt sich bei hoher Temperatur, wobei Wärme in chemische Energie umgesetzt wird, nämlich bei etwa 400° nach der Gleichung $2CuCl_2 = Cu_2Cl_2 + Cl$. Das Kupferchlorür (Cu_2Cl_2) absorbirt aber Sauerstoff, wobei Wärme frei wird, und das gebildete Kupferoxyd wird durch Salzsäure wieder in Chlorid verwandelt, wobei abermals Wärme frei wird: $Cu_2Cl_2 + 2O = 2CuO + Cl_2$; $2CuO + 4HCl = 2CuCl + 2H_2O$. Die frei werdende Wärme macht einen höheren Betrag aus, als die bei der Zersetzung des Kupferchlorids gebundene. Die Schlüsse, welche man aus diesen Betrachtungen ziehen muß, sind die folgenden: 1) Kein anderes Chlorid eignet sich zur Chlordarstellung so wie HCl; 2) flüssige Salzsäure kann nur durch Mangansuperoxyd, und 3) gasförmige HCl nur bei Gegenwart von $CuCl_2$ als einer katalytischen Substanz zersetzt werden. Während der Deacon-Proceß auch in Zukunft im Wesentlichen derselbe bleiben wird, muß für den Weldon-Proceß eine günstigere Regenerirung des Superoxyds bei besserer Ausnutzung des Chlorwasserstoffs gefunden werden.

Chlorkalk. — Durch Arbeiten von G. Lunge und Schaeppi schien festgestellt zu sein, daß die Constitution des Chlorkalks der zuerst von Odling vorgeschlagenen Formel Cl — Ca — O — Cl entspreche (siehe dieses Jahrbuch

XVII. 1881. S. 310). Diese Formel stützt sich darauf, daß fester Chlorkalk durch Kohlensäure unter Entwicklung sämmtlichen Chlors zersetzt wird. Da nun Chlorcalcium diese Zersetzung nicht erleiden würde, so kann kein freies $CaCl_2$ vorhanden sein. Freilich mußte man, wie K. Kraut[1]) hervorhebt, annehmen, daß Wasser den Chlorkalk in Chlorcalcium und Calciumhypochlorit zerlege; außerdem blieb unerklärt, woher das im Chlorkalk stets vorhandene Calciumhydroxyd und das Wasser stamme. Kraut weist nun nach, daß die Bildung einer durch überschüssiges Chlor nicht oder kaum zersetzbaren bleichenden Verbindung, welche gleichwohl gesättigtes Hydroxyd enthält, nicht an das Vorhandensein des Oxydhydrats eines mehrwerthigen Metalls gebunden ist, und daß dasselbe von der Zersetzbarkeit dieser Verbindung durch CO_2 gilt. Fernerhin ist auch die Zersetzbarkeit des Chlorkalks durch Kohlensäure vereinbar mit der Vorstellung, daß derselbe $CaCl_2$ enthält. Hierzu sind folgende Erläuterungen nöthig. Eine Formel, wie die Odling'sche, ist nur möglich bei entsprechenden Verbindungen mehrwerthiger Elemente. Nun läßt sich aber aus dem Hydroxyd des einwerthigen Lithiums, aus $LiOH$, durch Ueberleiten von Chlor ein Chlorlithion mit allen Eigenschaften des Chlorkalks gewinnen. Dieses Chlorlithion wird in gleicher Weise wie Chlorkalk durch Kohlensäure zersetzt. Ferner zeigen sich bei seiner Bildung ganz analoge Verhältnisse, wie bei der Chlorkalkdarstellung, z. B. wird bei 0° im trocknen Zustande kein Chlor gebunden; bei Gegenwart von Wasser dagegen tritt Chlorverbindung ohne vollständige Sättigung bis zum neutralen Salze ein. Im Chlorlithion muß man neben $LiOCl$ unter allen Umständen $LiCl$ annehmen; dasselbe wird unter Chloraustreibung von CO_2 zersetzt; folglich läßt sich die Möglichkeit nicht bestreiten, daß Chlorkalk auch als Gemisch aus $Ca(OCl)_2$ und $CaCl_2$ durch CO_2 dieselbe Zersetzung erleide. Dieselbe müßte nach folgenden Gleichungen erfolgen: (1) $Ca(OCl)_2 + CO_2 = CaCO_3 + Cl_2O$; (2) $CaCl_2 + Cl_2O + CO_2 = CaCO_3 + 2Cl_2$. Ein Versuch, basisches Chlorcalcium mit einem Gemisch von unterchloriger und Kohlensäure zu zersetzen, gelang auch.

---

1) Lieb. Ann. 214 (1882) S. 354.

Auf diese Erörterungen von Kraut entgegnen nun G. Lunge und P. Naef[1]) in ausführlicher Weise. Zunächst weisen sie darauf hin, daß freies Calciumhydroxyd allerdings im käuflichen Chlorkalk enthalten sei, aber keineswegs nothwendig darin vorhanden sein müsse. Es ist seiner Zeit Lunge und Schaeppi gelungen, Chlorkalk mit 43% bleichendem Chlor herzustellen, der nur noch 1/8 des Calciums als $Ca(OH)_2$ enthielt und dieser unveränderte Rückstand von Kalkhydrat erklärt sich zur Genüge durch die Annahme einer mechanischen Umhüllung mit der gebildeten bleichenden Verbindung. Auch die Feuchtigkeit des Chlorkalks ist leicht als hygroskopisch anzusehen, während ein Theil des Wassers jedenfalls als Hydratwasser, z. B. eben im Kalkhydratrückstand, doch auch in der eigentlichen Bleichverbindung, enthalten ist. Die Verfasser wenden sich hierauf zunächst gegen das zweite Beweismittel von Kraut, nämlich gegen den Beweis, der aus Zersetzung des basischen Chlorcalciums durch $Cl_2O + CO_2$ gezogen ist. Eben weil dieses Chlorcalcium basisch war, ist dieser Beweis hinfällig, denn dasselbe wird durch Cl_2O oder $HClO$ (unterchlorige Säure) erst in $CaOCl_2$ umgewandelt, und diese Verbindung erleidet alsdann erst Zersetzung durch Kohlensäure. Lunge und Naef haben aber weiter auch durch Versuche nachgewiesen, daß die Kohlensäure auch im Falle der Verwendung des basischen Chlorcalciums, welches zuerst mit Cl_2O behandelt worden war, nur das Chlor austrieb, welches dem aus $Ca(OH)_2$ des basischen Chlorcalciums gebildeten Hypochlorite entspricht. Reines Chlorcalcium wurde durch Cl_2O nur theilweise in unterchlorigsauren Kalk verwandelt; die Umwandlung ging wie folgt vor sich: (1) $CaCl_2 + HClO = CaOCl_2 + HCl$; (2) $2HCl + Cl_2O = H_2O + 2Cl_2$. Das freie Chlor wurde sicher nachgewiesen. Es vermag also unterchlorige Säure Chlorcalcium in erheblichem Maße unter Austreibung von HCl zu zersetzen. Die Behandlung des $CaCl_2$ mit einem Gemische aus Cl_2O und CO_2 hatte keinen anderen Erfolg, als daß die Kohlensäure offenbar die Wirkung der unterchlorigen Säure schwächte. Immerhin wäre auch die Erklärung trotz alledem möglich daß der Chlorkalk ein mechanisches Gemische aus

1) Lieb. Ann. 219 (1883) S. 129.

$CaCl_2$ und $Ca(OCl)_2$ sei, aus welchem die CO_2 zunächst Cl_2O des Hypochlorits austriebe, welches seinerseits sofort das Chlorcalcium zersetze, bis dasselbe in $CaOCl_2$ verwandelt wäre; alsdann würde die CO_2 auch hierauf einwirken und das Chlor austreiben. Aber bei dieser Erklärung muß sofort angenommen werden, daß ein kräftiger Kohlensäurestrom bemerkbare Mengen von Cl_2O mit sich führen und so der Einwirkung entziehen würde. Genaue Versuche lehren, daß dies nicht der Fall ist. Deshalb ist die Annahme wahrscheinlicher, der Chlorkalk sei eine Verbindung $ClCaOCl$ (oder $CaCl_2$, CaO_2Cl_2), aus welcher Kohlensäure die beiden Chloratome abscheide. Wo beim Ueberleiten von CO_2 wirklich Spuren von Cl_2O auftreten, da hat die Feuchtigkeit im Chlorkalk einen minimalen Theil des letzteren in $CaCl_2 + Ca(OCl)_2$ zuvor gespalten. Was endlich den Beweis vom Chlorlithion aus betrifft, so ist derselbe gar nicht gültig, denn Chlorlithion besitzt ganz andere Eigenschaften als Chlorkalk; so z. B. wird es durch Kohlensäure bei gewöhnlicher Temperatur fast gar nicht zersetzt und erst bei Temperaturen, bei welchen Chlorlithion bereits theilweise in $LiCl$ und O zerfällt, wirkt CO_2 schwach ein. Während also Chlorlithion gegen CO_2 viel beständiger als Chlorkalk ist, ist es gegen bloßes Erhitzen oder gegen einen Chlorstrom viel weniger widerstandsfähig, und mithin keineswegs ein dem Chlorkalk analoger Körper. Dagegen ergab sich, daß Chlorbaryt und Chlorstrontian sich ganz wie Chlorkalk verhielten.

K. Kraut[1]) weist in seiner Entgegnung zunächst darauf hin, daß auch er nur von theilweiser Zersetzung des $CaCl_2$ beim Ueberleiten der CO_2 über Chlorkalk gesprochen habe; auch stehe die Zersetzlichkeit des Chlorkalks mit Wasser im Widerspruche mit Lunge's Behauptung, er habe Cl_2O stets mit Feuchtigkeit gemengt angewendet, denn dann könne ja gar kein Chlorkalk gebildet worden sein; auch wird bei der Bildung des Chlorkalks aus $Ca(OH)_2$ zweifellos so viel Wasser frei, daß der Chlorkalk sich sofort wieder zersetzen müßte. Ebenso hält Kraut seine Aussagen über Chlorlithion aufrecht und schiebt die Schuld an den verschiedenen Resultaten darauf, daß er Chlorlithion bei 0°, Lunge dagegen bei zu hohen Temperaturen hergestellt

1) Lieb. Ann. 221 (1883) S. 108.

habe. Endlich bezeichnet Kraut als „Chlorkalk" das durch Einwirkung von 4 Atomen Chlor auf 3 Mol. Kalkhydrat ohne Austritt irgend eines Körpers erzeugte Produkt, welches er für ein Gemenge von $CaCl_2 + Ca(OCl)_2$ erklärt. Mit einem dieser beiden Bestandtheile ist das dritte Molekül Kalk zu einem basischen Salze verbunden, weshalb nicht 6, sondern blos 4 Atome Cl zur Wirkung gelangen. Die 3 Mol. Wasser, welche außerdem vorhanden sind, gehören zum Bestande des Chlorkalks, ohne vielleicht unbedingt nöthig zu sein; mehr Wasser dagegen zersetzt das basische Salz in $Ca(OH)_2 + CaCl_2$. Ersteres kann von neuem Chlor aufnehmen, bis endlich bei überschüssigem Wasser die Verhältnisse der Chlorkalklösung eintreten.

Auf diese Entgegnung hin hat zunächst G. Lunge[1]) den Versuch mit Chlorlithion bei 0° wiederholt, ohne daß andere Resultate erhalten worden wären als bei den früheren Experimenten. Gegen Kraut's Erörterungen über das Wesen des Chlorkalks wird die praktische Erfahrung in's Feld geführt. Man kann nämlich Chlorkalk mit über 39% bleichendem Chlor herstellen, ja Lunge hat sogar solchen von 43% wirksamem Cl erhalten, Zahlen, die gegen das Verhältnis $4Cl : 3Ca(OH)_2$ sprechen. Nach alledem hält Lunge seine früheren Ausführungen in allen Hauptpunkten aufrecht und weist noch darauf hin, daß ein andrer Gelehrter durch Experimentaluntersuchungen ganz andrer Art zu derselben Chlorkalkformel geführt worden sei wie er selbst. L. T. O'Shea[2]) fand nämlich, daß der Ueberschuß an Kalkhydrat im Chlorkalk keineswegs constant sei, und daß dem Chlorkalk die Formel $Ca\begin{matrix}Cl\\OCl\end{matrix}$ zukomme. Durch Wasser wird derselbe in $CaCl_2 + Ca(ClO)_2$ zerlegt.

Diese Behauptungen decken sich allerdings vollständig mit denen von Lunge. Zu etwas anderen Schlüssen gelangte auf Grund umständlicher Untersuchungen E. Dreyfus[3].) Derselbe stellt zunächst historisch die sämmtlichen Hypothesen für die Bildung des Chlorkalks zusammen. Dieselben sind im Wesentlichen in folgenden Gleichungen ausgedrückt:

---

1) Lieb. Ann. 223 (1884) S. 106.
2) Chem. Centralbl. 14 (1883) S. 753.
3) Bull. Par. (N. S.) 41 (1884) p. 600.

1) $Ca(OH)_2 + Cl_2 = H_2O + CaOCl_2$ (Calciumoxychlorid);

2) Balard und Gay-Lussac: $2Ca(OH)_2 + nCa(OH)_2 + 4Cl = Ca(OCl)_2 + CaCl_2 + 2H_2O + nCa(OH)_2$,

Crace-Calvert: $3Ca(OH)_2 + 3Cl_2 = Ca(OCl)_2 + 2CaCl_2 + 3H_2O$,

Fresenius: $4Ca(OH)_2 + 2Cl_2 = Ca(OCl)_2 + CaCl_2, 2CaO + 4H_2O$;

3) Kolbe: $3Ca(OH)_2 + 4Cl = 2(CaOCl_2, H_2O) + Ca(OH)_2$;

4) Stahlschmidt: $3Ca(OH)_2 + 4Cl = 2Ca\genfrac{}{}{0pt}{}{OH}{OCl} + CaCl_2 + 2H_2O$.

Beim Auflösen von Chlorkalk scheidet sich stets Kalkhydrat ab; diese Thatsache ist nicht mit allen angeführten Gleichungen erklärbar, nämlich nicht mit Hülfe der ersten, ferner nur ungenügend mit denjenigen von Balard und Crace-Calvert. Gegen die Fresenius'sche Formel, welche die Ausscheidung von $Ca(OH)_2$ durch Zersetzung des basischen Salzes $CaCl_2, 2CaO$ erklärlich erscheinen läßt, wie gegen die Kolbe'sche Formel ist einzuwenden, daß man technisch hochgrädigeren Chlorkalk erzeugt als diesen Formeln entspricht; gegen die Fresenius'sche Formel speciell spricht noch der von Bolley geführte Nachweis, daß basisches Chlorcalcium Chlor absorbirt, also bei der Chlorkalkbildung nicht ungeändert bleiben kann. Am meisten den Thatsachen Rechnung tragend ist die Formel von Stahlschmidt. Die Bildung von Kalkhydrat beim Lösen ist hier durch folgende Umsetzung leicht erklärlich: $2Ca(OH)(OCl) = Ca(OCl)_2 + Ca(OH)_2$. Auch daß die Chlorkalksorten des Handels oft hochgrädiger sind als dieser Formel entspricht, erklärt sich durch dieselbe Umsetzung, und zwar veranlaßt durch die Feuchtigkeit des Chlorkalks, die schon bei der Bildung desselben zur Geltung gelangt und eine Mehraufnahme von Chlor nach der Gleichung $2Ca(OH)_2 + 2Cl_2 = Ca(OCl)_2 + CaCl_2 + 2H_2O$ ermöglicht. Ein chemisch reiner Chlorkalk müßte demnach enthalten: als Hauptbestandtheil $Ca(OH)(OCl)$; als Nebenbestandtheile wechselnde Mengen von $Ca(OCl)_2$, $Ca(OH)_2$ und $CaCl_2$. Die Zusammensetzung eines solchen chemisch reinen Kalks berechnet sich wie folgt:

Gesammtchlor	58,51
Actives Chlor	39,01
Chlorcalcium	30,49
Chlor aus $CaCl_2$	19,50
Kalk aus $CaCl_2$	15,38
Wasser, bei niedriger Temperatur flüchtig	9,89

und 100 Theile Kalkhydrat müßten 163,96 Theile Chlorkalk liefern. Der Einwurf, daß Odling in alkoholischem Chlorkalkauszuge nie $CaCl_2$ gefunden habe, ist gegen die Annahme obiger Zusammensetzung des Chlorkalks mit Unrecht gemacht worden, denn thatsächlich enthält ein solcher Auszug stets Chlorcalcium. Auch die Zersetzung des Chlorkalks durch Kohlensäure mit fast völliger Chloraustreibung verträgt sich mit der Stahlschmidt'schen Formel; sie würde nämlich wie folgt verlaufen: (1) $2Ca(OH)(OCl) + 2CO_2 = 2CaCO_3 + H_2O + Cl_2O$; (2) $CaCl_2 + CO_2 + Cl_2O = CaCO_3 + 2Cl_2$. Diese Zersetzung des Chlorcalciums durch Gemische von $Cl_2O + CO_2$ wurde experimentell nachgewiesen; sie muß beim Chlorkalk noch leichter eintreten, weil hier Cl_2O in statu nascendi wirkt. Nachgewiesen werden muß aber noch, ehe die Stahlschmidt'sche Formel gelten kann, daß das beim Lösen des Chlorkalks hinterbleibende Kalkhydrat wirklich ein constituirendes Princip des Chlorkalks sei. Den Beweis hierfür glaubt Dreyfus geliefert zu haben, indem er zeigte, daß der Gehalt desselben Chlorkalks an löslichem Kalke stets derselbe und die Menge des in $CaCl_2$ umgewandelten Kalks für völlig gesättigten Chlorkalk stets gleich nahezu der Hälfte des gesammten Kalkes ist. Hiernach giebt Dreyfus die folgende Chlorkalkformel als die wahrscheinlich richtige an: $2Ca\genfrac{}{}{0pt}{}{OH}{OCl} + CaCl_2 + 2H_2O$.

In Bezug auf die Darstellung des Chlorkalks sind zwei neuere Verfahren zu nennen. Das erste rührt von C. Opl[1] (D. R.-P. 23587 v. 14. Oct. 82) her und beruht auf den Ergebnissen folgender Calculation. Bedeuten L die Liter Luft in der Stunde, F die Fläche, H die Höhe der Kalkschicht, D den Druck der Luft in Metern Wasser, so berechnet sich die

1) Dingl. p. J. 249 (1883) S. 172.

Durchlässigkeit des gelöschten Kalks für Luft nach der folgenden (empirischen?) Formel: $L = 1818 \frac{FD}{H}$. Darnach würde eine Kalkhydratschicht von 1 qm Fläche und 1 m Höhe unter einem Drucke von 10 m Wasser 18180 Lit. oder 57 kg Chlor pro Stunde absorbiren. Eine solche Menge von gelöschtem Kalk wiegt 500 kg und braucht im Ganzen 250 kg Chlor; sie wäre daher in $\frac{250}{57}$ oder 4,4 Stunden völlig in Chlorkalk umgewandelt. In Wirklichkeit muß man aber eine längere Einwirkungsdauer stattfinden lassen, weil bei so beschleunigter Chlorabsorption Erwärmung bis zur partiellen Zersetzung des Chlorkalks eintreten würde. Will man also hochgrädigen Chlorkalk erzielen, so muß man diese Erwärmung unschädlich machen, entweder durch Wasserkühlung oder durch Verdünnung des Chlorgases mit trockner Luft. Für Chlorkalk von 120—125° muß außerdem das Chlorgas besonders gereinigt werden. Dies geschieht, indem man das Chlor durch eine Reinigungskammer leitet, die auf durchlochten Brettern gemahlenen gebrannten Kalk enthält. Von hier geht das Chlor in die Chlorkammern. Diese bestehen aus durch Wasser gekühltem gußeisernem Obertheil und mit doppeltem Lattenboden versehenen ebenfalls gußeisernem unteren Theile. Zwischen die Lattenböden wird eine Leinwand gebreitet, um das Durchfallen des gelöschten Kalks zu verhindern. Das Chlorgas wird von einer Luftpumpe angesaugt, die durch ein besondres Ventil auch Luft als Verdünnungsmittel ansaugen kann. Das Verfahren gestattet die Herstellung von höchstgrädigem Chlorkalk und stellt sich billiger, als das alte Verfahren, weil die Kalkhydratschicht in der Chlorkammer 10mal so groß sein kann, wie früher, und Verlust an Chlor nicht stattfindet. Das zweite Verfahren rührt von J. Fehres[1]) (D. R.-P. 24702 v. 6. März 83) her und soll eine ununterbrochene Chlorkalkdarstellung gestatten. In einem gußeisernen aufrecht stehenden Cylinder von 10 m Höhe und 1,5 m innerem Durchmesser wird einerseits ein continuirlicher Chlorstrom, andrerseits von oben her durch einen Zerstäuber mit Hülfe eines Luftstromes staubförmiges Kalk-

1) Dingl. p. J. 251 (1884) S. 311.

hydrat zugeführt. Am unteren Ende des Cylinders füllt eine Schnecke fortwährend den fertigen Chlorkalk auf Fässer ab. Außerdem sind Luftableitung und Vorrichtungen vorhanden, welche das Eingreifen mit dem Arm in den Apparat gestatten.

Eigenschaften des Chlors und der Salzsäure. — Die Dichte des Chlors ist nach C. Langer und V. Meyer[1]) bei 100° = 2,5 und bei 1200° = 2,4. — Das Chlorwasser zersetzt sich nach A. Popper[2]) nicht glatt auch unter dem Einflusse des Sonnenlichtes in HCl + O, sondern in folgender Weise: (1) $6Cl + 3H_2O = 5HCl + HClO_3$ und (2) $6Cl + 3H_2O = 6HCl + 3O$. Dampft man zersetztes Chlorwasser mit Kalilauge ein, so enthält der Rückstand etwas $KClO_3$. — Das Chlorhydrat hat A. Ditte[3]) nach eigenthümlicher Methode in einer Chloratmosphäre und unter dem Dampfdruck des Chlors bei 12—18° in 2—3 mm langen, sehr gut ausgebildeten und völlig durchsichtigen Krystallen erhalten, die dunkelgrün wie flüssiges Chlor gefärbt sind, das Licht stark brechen und in ihrer Form an Alaunkrystalle erinnern. J. W. Bakhuis Roozeboom[4]) giebt die Zusammensetzung des Chlorhydrats zu $Cl_2 + 8H_2O$ an; dasselbe hat die Dichte = 1,23 und zersetzt sich im offenen Gefäße bei 9,6°, im geschlossenen völlig gefüllten Gefäße bei 28,7° und 93 cm Druck. E. Maumené[5]) hat ebenfalls Krystalle des Chlorhydrats erhalten, jedoch je nach den Umständen von der Zusammensetzung $Cl_2 + 4H_2O$ oder $Cl_2 + 7H_2O$ oder $Cl_2 + 12H_2O$. Das Hydrat $Cl_2 + 7H_2O$ ist wahrscheinlich nur eine Combination der anderen beiden Hydrate.

Ueber Chlor als Desinfectionsmittel[6]) haben B. Fischer und B. Proskauer (im Kaiserl. Gesundheitsamte) Versuche angestellt und haben constatirt, daß eine genügende Wirkung des Chlors nur erzielt werden kann, wenn der Luft wenigstens 0,3 % des Gases beigemischt sind und außerdem zuvor die Luft vollständig mit Wasserdampf gesättigt wurde.

1) Berl. Ber. 15 (1882) S. 2769.
2) Lieb. Ann. 227 (1885) S. 161.
3) Compt. rend. 95 (1882) p. 1283.
4) Berl. Ber. 17 (1883) Ref. S. 299.
5) Chem. N. 47. (1883) p. 145.
6) Chem. Centralbl. 15. (1884) S. 222.

Das Chlor wird aus Chlorkalk und Salzsäure entwickelt; die Gefäße mit dieser Mischung müssen hoch gestellt werden. Die Kosten belaufen sich auf 15 Pf. pro Cubikmeter Inhalt des Raumes. Gleichwohl gelingt es nicht, durch Chlor sehr widerstandsfähige Mikroorganismen, wie z. B. Milzbrandsporen, sicher zu vernichten, und ebenso ist eine Desinfection von Kleidungsstücken mit Chlor unmöglich, weil dieselben theils nicht gehörig durchdrungen, theils zerstört werden.

Zur Darstellung von reiner Salzsäure empfiehlt G. Giudice,[1] die Schwefelsäure mit einem Oxydationsmittel zu versetzen, wodurch die Bildung von SO_2 vermieden und Br und J frei gemacht werden, und alsdann das Salzsäuregas mit Quecksilber zu waschen, welches Cl, Br, J absorbirt und $AsCl_3$ zersetzt. — Arsenfreie Salzsäure erhält man nach H. Beckurts,[2] indem man 30—40%tige reine Säure des Handels mit 1 Vol.% einer gesättigten Eisenchlorürlösung versetzt und destillirt. Das Arsen verflüchtigt sich als $AsCl_3$ und ist in den ersten Theilen des Destillats. Auf diese folgt 60%tige arsenfreie Säure; 10 Vol.% der Säure läßt man im Rückstand. In der Praxis brauchte man nur die rohe, Eisenchlorid haltende Säure zur Reduction des letzteren mit Eisenspähnen zu versetzen und dann fractionirt zu destilliren. Noch einfacher ist die von R. Bensemann[3] angegebene Methode zur Herstellung arsenfreier Salzsäure für analytische Zwecke. Darnach soll man Salzsäure auf 1,12 spec. Gew. verdünnen, mit chlorsaurem Kalium erwärmen und destilliren. Das Destillat soll zwar etwas Cl, aber kein As enthalten; letzteres hat sich als $AsCl_3$ verflüchtigt. Roozeboom (siehe Seite 304) hat das Hydrat des Chlorwasserstoffs hergestellt. Dasselbe hat die Formel $HCl + 2H_2O$ mit $D = 1,46$ und zersetzt sich im offenen Gefäße bei $-18,3^0$, im geschlossenen bei $-17,7^0$ und 108 cm Druck.

Chlorozon ist von dem Erfinder de Dienheim-Brochowski[4] eine Flüssigkeit genannt worden, welche man erhält, wenn man Chlorkalk in der Kälte mit HCl zersetzt und

1) Chemiker-Ztg. 6 (1882) S. 908.
2) Chem. Centralbl. 15 (1884) S. 837.
3) Chem. Ind. 6 (1883) S. 73.
4) Deutsche Industrieztg. 24 (1883) S. 457.

die entweichenden Gase in Natronlauge leitet. Die entstehende Bleichflüssigkeit hält nach Mill keineswegs unterchlorigsaures Natron, sondern unterscheidet sich von einer Lösung dieses Salzes durch Geruch, Farbe und energischere Bleichwirkung, weiter auch noch durch hohe Beständigkeit, besonders in verdünnter Lösung. Die Flüssigkeit kommt in den Handel und ist brauchbar als kräftiges Bleichmittel für Baumwolle, Flachs, Leinen, Jute, Hanf, als Fleckenmittel und desinficirender Stoff.

Brom.

Darstellung und Eigenschaften des Broms. — Den größten Fortschritt, welchen die Staßfurter Bromindustrie seit ihrem Bestehen gemacht hat, bezeichnet das Verfahren zur continuirlichen Bromdarstellung der Vereinigten chem. Fabriken in Leopoldshall (D. R=P. 19780 vom 2. Febr. 82)[1] (siehe dies. Jahrb. XI, S. 301. XV, S. 277). Das bisherige Verfahren litt an mehreren Gebrechen. Die Vertheilung der Bromlauge im Hauptthurme war ungleichmäßig; die Vorrichtung zum Austreiben der letzten Reste Chlor und Brom genügte nicht; die Absorption der nicht condensirten Bromdämpfe durch Eisen war unvollkommen; der Chlorstrom war nicht gleichmäßig. Das neue Verfahren vermeidet diese Uebelstände, nutzt den Braunstein und die Schwefelsäure völlig aus, läßt fast alles Brom gewinnen und liefert ein fast chlorfreies Produkt. Die heiße Bromlauge gelangt durch geschickt construirte Vertheilungsvorrichtungen im gleichmäßigen Regen in einen ganz mit Kugeln angefüllten Thurm, der durch die Dämpfe des Laugensieders heiß erhalten wird. Die entweichenden Dämpfe durchstreichen den Thurm von unten nach oben und gelangen in einen Condensator. Was hier noch unverdichtet bleibt, geht in einen Absorptionsapparat, bestehend aus einer mit Eisendrehspähnen erfüllten und von Wasser durchrieselten Säule. Diese Säule ist oben offen, so daß Luft und Wasserdämpfe direct entweichen können, während die Flüssigkeit mit den absorbirten Dämpfen unten in untergestellte Gefäße abläuft. Die Lauge des Thurmes läuft von unten in den Laugensieder ab, in den sie oben einfließt und welchen sie auf einem langen Wege durchläuft, zu dem sie durch eine Anzahl an je drei Wänden anschließender,

1) Dingl. p. J. 247 (1883) S. 423.

an der vierten abwechselnd offener horizontaler Scheidewände gezwungen wird. Diese Scheidewände haben außerdem noch enge verticale Löcher. In den Sieder gelangt von unten durch eine Brause gespannter Wasserdampf, der die Lauge im Sieden erhält, und durch ein zweites Rohr Chlorgas. Das entstehende Gemisch von Wasserdampf, Chlor und Bromdampf geht in den Thurm, der Lauge entgegen, zurück, heizt den Thurm und läßt die Gase oben aus dem Thurme entweichen. Das Chlorgas strömt durch einen eigenthümlich construirten hydraulischen Druckregulator nach einem Waschgefäße und aus diesem in den Laugensieder. Die Lauge des Sieders muß durch das Chlorzuführungsrohr aufsteigen, bis sie in den Ablaufcanal gelangt; dieser ist in solcher Höhe angeordnet, daß der Sieder völlig angefüllt ist und nur eben noch die Dämpfe des Sieders durch das Laugenzuführungsrohr in den Thurm streichen können.

Die Dichte des Brom ist von C. Langer und V. Meyer[1]) bei höheren Temperaturen bestimmt worden. Dabei ergab sich, daß Brom bei einer Temperatur, die wenig über seinem Siedepunkt liegt, eine viel höhere Dichte zeigt, als theoretisch zu erwarten steht. Erst 170° über dem Siedepunkte war dieselbe normal. Wenn man dagegen Bromdampf stark mit Luft verdünnte, so berechnete sich die Dichte schon bei gewöhnlicher Temperatur zu ungefähr 5,5, also dem normalen Werthe. H. Jahn[2]) bestimmte die Dampfdichte des Broms bei 102,6° zu 5,73 und bei 227,9° zu 5,524, welch letzerer Werth mit der Berechnung aus dem Atomgewichte (79,75) übereinstimmt. Brom erreicht also viel schneller die normale Dampfdichte als Chlor. Die Verdampfungswärme des Broms gab Regnault zu 7200 Cal. an, während Berthelot und Ogier[3]) dieselbe zu 6991 Cal. bestimmten.

Die hohe Löslichkeit des Broms in Salzsäure von einiger Concentration gegenüber der Löslichkeit desselben in Wasser bestimmte Berthelot[4]) zur Annahme der Bildung eines Perbromürs in dieser Lösung, um so mehr, als bei der Auflösung in HCl größere Wärmeentwicklung auftritt als bei

1) Berl. Ber. 15 (1882) S. 2769.
2) Chemiker-Ztg. 6 (1882) S. 409.
3) Ann. Chim. Phys. [5] 30 (1883) p. 410.
4) Compt. rend. 100 (1885) p. 761.

Wasser. Das Perbromür dürfte die Zusammensetzung $HClBr_2$ besitzen, sich indessen alsbald in der Lösung dissociiren. Aehnlich nehmen Chlorstrontium und Chlorbaryum mehr Br auf als reines Wasser. Das Bromhydrat hat nach Roozeboom (siehe S. 304) die Formel $Br_2 + 10H_2O$ mit D = 1,49 und zersetzt sich im offenen Gefäße bei 6,2°, im geschlossenen ebenfalls bei 6,2° unter 93 cm Druck.

Brom als Desinfectionsmittel wird von A. Frank[1]) empfohlen (D. R.-P. 21644 v. 19. Febr. 82 und 25710 v. 11. Mai 83). Man tränkt feste poröse Kieselguhrklötze mit Brom oder mit Verbindungen des Broms mit Chlor oder Jod, und läßt alsdann das Brom an den zu desinficirenden Orten verdunsten, was sehr langsam geschieht, weil Kieselguhr das Brom außerordentlich festhält. Für Desinfection in Krankenzimmern dient noch ein besondrer Apparat, der möglichst langsame Verdunstung veranlassen soll. Ein Topf hat einen rinnenförmigen Rand, in welchen ein nach unten conischer Verschlußdeckel paßt. Der Topf wird mit den bromgetränkten Kieselguhrstücken beschickt, während die Rinne mit Bromkaliumlösung gefüllt und in sie der Deckel gesetzt wird. In der Lösung von KBr löst sich das verdunstende Brom zuerst auf und dunstet alsdann aus ihr langsam und gleichmäßig ab. Sollte einmal sehr starke Bromverdunstung eintreten, so schlägt sich der Bromdampf an dem nach unten conischen, von außen nöthigenfalls mit kaltem Wasser gekühlten Verschlußdeckel nieder und tropft wieder auf den Klotz zurück. Auch für Desinfection in Aborten 2c. sind besondre Apparate angegeben, welche eine beliebige und feine Vertheilung der Bromdämpfe bezwecken. Ueber den Erfolg der Desinfection mit Brom liegen mehrere Versuchsergebnisse vor. A. Wernich[2]) stellte mit Brom getränkte Kieselguhrstücke hoch auf und brachte in dem Raum in verschiedenen Abständen von den Bromquellen milzbrandhaltige Seidenfäden an. Nach 6 Stunden zeigte sich, daß die entferntesten Fäden noch 75% der mit ihnen inficirten Thiere tödteten, die näher gelegenen nur 25%. Dieser Erfolg ist also keineswegs befriedigend, doch soll er besser ausfallen, wenn pro Kubikmeter Luft je 4 g Br zur Verdunstung gebracht

1) Dingl. p. J. 249 (1883) S. 167. Chem. Ind. 7 (1884) S. 128.
2) Chem Centralbl. 14 (1883) S. 765.

werden. B. Fischer und B. Proskauer (siehe S. 304) haben gleichfalls mit Brom Desinfectionsversuche angestellt und gefunden, daß zwar ein Bromgehalt von 0,03 Vol. % bei genügend langer Einwirkung alle Organismen tödtet, daß derselbe aber in größeren Räumen nicht auf längere Zeit zu erhalten ist. Könnte man den Gehalt von 0,2 Vol. % Br auf nur 3 Stunden erzielen, so würde voraussichtlich die desinficirende Wirkung derjenigen des Chlors gleichkommen, aber Brom würde immer noch ein zu kostspieliges Desinfectionsmittel bleiben. Außerdem beschädigt Brom die Gegenstände des desinficirten Raumes viel stärker als Chlor. Mithin dürfte sich die Frank'sche Methode der Desinfection wenig empfehlen.

Bromwasserstoff. — Zur Gewinnung einer Bromwasserstoffsäure von 35% HBr will Rother[2]) einen Theil Schwefel und 30 Theile Wasser in einer langhalsigen Flasche mit luftdicht eingesetztem längeren Rohre mit 15 Theilen Brom unter heftigem Schütteln vermischen, bis eine farblose Lösung entsteht. Hierauf soll noch 1,25 Theil Magnesia hinzugefügt und das Gemisch in eine Retorte gebracht und aus einem Sandbade destillirt werden, bis der Inhalt der Retorte zu stoßen beginnt. Alsdann läßt man erkalten und giebt den Retorteninhalt zu nochmaliger Destillation in eine kleinere Retorte, worauf man abermals destillirt, bis nichts mehr übergeht. Nach W. Grüning[3]) erhält man reine Bromwasserstoffsäure, wenn man 100 Theile zerriebenes Bromkalium mit 280 Theilen Phosphorsäure von D = 1,304 erhitzt. Zuerst geht Wasser, dann wässrige Säure, schließlich reiner HBr über, den man in destillirtes Wasser leitet. Der Retortenrückstand ist metaphosphorsaures Kalium. A. Sommer[4]) endlich stellt die verschiedenen Darstellungsweisen für HBr zusammen und giebt alsdann eine neue an. Man kann HBr gewinnen: 1) durch directe Vereinigung von H mit Br; 2) durch Zersetzung von Hydrüren durch Brom, z. B. von H_2S, HJ, NH_3, Oelen rc.; 3) durch Zersetzung der Bromide fester Nichtmetalle mit Wasser z. B. von PBr_5; endlich 4) durch Zersetzung von Metallbromiden durch Säuren. Von den ersten drei Methoden ist die

1) Chem. Ind. 5 (1882) S. 349.
2) Ebendas. 6 (1883) S. 260.
3) Chem. Centralbl. 15 (1884) S. 639.

dritte die beste und zugleich die gebräuchliche; zur vierten Classe gehört das von Sommer selbst vorgeschlagene Verfahren. Man läßt Bromwasser, welches noch ungelöstes Brom enthält, auf Zink einwirken und verdampft die Lösung rasch. Es hinterbleibt Zinkbromid ($ZnBr_2$). Man destillirt alsdann 225 Theile $ZnBr_2$ mit 180 Theilen Wasser (incl. des Wassers der Schwefelsäure) und 196 Theilen H_2SO_4 (wasserfreie Schwefelsäure) aus einer Retorte. Es tritt die folgende Umsetzung ein: $ZnBr_2 + 2H_2SO_4 + 10H_2O = ZnSO_4 + H_2SO_4 + 2HBr, 10H_2O$. Letzteres ist das beständige Hydrat $HBr + 5H_2O$. Das Destillat wird zur Befreiung von der Schwefelsäure noch einmal über kohlensaurem Baryum destillirt.

Jod.

Um Jod aus Seetangen[1]) (siehe dies. Jahrb. XV, S. 280) zu gewinnen, verfährt man wie folgt. Die Tange werden in mit Blei ausgeschlagenen Bottichen unter Zusatz von Salzsäure, Schwefelsäure, saurem schwefelsaurem Natrium oder Kalium oder dergl. m. mit einströmendem Dampfe gekocht. Hierauf preßt man den gewonnenen Brei auf Filterpressen aus und dampft die Lösung auf ihr halbes Volumen ein. Durch Zusatz oxydirender Mittel (Fe_2Cl_6, MnO_2, nitrose Schwefelsäure ꝛc.) scheidet man das Jod aus und treibt es mit Wasserdämpfen über. Die rückständige Lauge dient zum Aufschließen von Kalkphosphaten, wodurch man kalireichen Dünger erhält.

Ueber Jodgewinnung in Antofagasta[2]) berichten Loive und Weißflog. Dort wurden bisher die Caliche-Mutterlaugen mit Natriumbisulfit ($NaHSO_3$) behandelt, was nur etwa 70% des vorhandenen Jods an Ausbeute ergab. Die Verfasser haben nun ein ergiebigeres Verfahren angegeben. Das in den Laugen neben Kochsalz und Salpeter vorhandene jodsaure Natrium kann man mit Schwefelcalcium reduciren, welches man aus Gips durch Reduction mit Kohle im Drehofen bei hoher Rothgluth gewinnt. Bringt man dieses Schwefelcalcium in die kochende Lauge, so setzt es sich mit dem Wasser wie folgt um: 1) $2CaS + 2H_2O = Ca(OH)_2 + Ca(HS)_2$; 2) $Ca(HS)_2 = CaS + H_2S$. Der somit entwickelte Schwefel-

1) Chemiker-Ztg. 5 (1881) S. 181.
2) Dingl. p. J. 253 (1884) S. 48.

wasserstoff wirkt auf das jodsaure Natrium wie folgt ein: $NaJO_3 + 3H_2S = NaJ + 3S + 3H_2O$. Das Jodnatrium zersetzt man nun mit Natriumsulfit und Kupfervitriol, wobei das Jod als Kupferjodür ausfällt: $2NaJ + 2CuSO_4 + Na_2SO_3 + H_2O = Cu_2J_2 + 2NaHSO_4 + Na_2SO_4$. Das ausgeschiedene Kupferjodür wird alsdann unter Freimachung des Jodes weiter zersetzt (siehe auch dies. Jahrb. XI, S. 305. XV, S. 279).

Ausführliche Mittheilungen liegen über die Jodgewinnung in Peru,[1] speciell in der Fabrik von Peruana vor. Hier gewinnt man das Jod aus den Mutterlaugen, welche sich bei der Reinigung des Natronsalpeters ergeben, und zwar monatlich 1600 kg Jod. Die Apparate der Fabrik sind von R. Harvey und J. T. North im Jahre 1881 construirt und dienen theils zur Darstellung des Jodfällungsmittels, einer Lösung von $NaHSO_3$, theils zur Fällung selbst, theils endlich zur Joddestillation. Die erste Operation ist die Darstellung des sauren schwefligsauren Natriums. Ein inniges Gemenge von Natronsalpeter und Kohlenstaub wird im Flammenofen geglüht; die entstehende rohe Soda wird im Wasser gelöst und zum Absitzen der Verunreinigungen gebracht. In einem Ofen aus feuerfesten Steinen wird schweflige Säure erzeugt, welche ein Gebläse durch den „Draineur" saugt, einen Apparat zum Zurückhalten des etwa unverbrannt gebliebenen Schwefels. Nunmehr gelangt das Gas durch Siebröhren in liegende cylindrische Kessel, in welche aus höher stehenden Gefäßen die geklärte Sodalösung zugelassen wird. Ist letztere in eine Lösung von $NaHSO_3$ umgewandelt, so läßt man sie auf Bottiche ab. Als zweite Operation folgt das Fällen des Jods. Das Jod ist in den Salpetermutterlaugen und Rückständen als jodsaures Natrium enthalten. Die durchschnittliche Zusammensetzung der Mutterlauge ist:

$NaNO_3$	= 28 %
$NaCl$	= 11 „
Na_2SO_4	= 3 „
$MgSO_4$	= 3 „
$NaJO_3$	= 22 „
H_2O	= 33 „
	100.

1) Dingl. p. J. 255 (1885) S. 299.

Die Mutterlauge gelangt in hölzerne Bottiche, die innen mit Bleiblech ausgekleidet sind. Die nach dem Jodgehalte wechselnde Menge an Sulfitlösung wird zugegeben und beides verrührt. Die Hauptmasse des Jods setzt sich als Schlamm zu Boden; Flocken, welche an die Oberfläche gelangen, werden in kleinere Bottiche abgeschöpft. Die Mutterlauge des Jods gelangt in tieferstehende Behälter, in denen sie zunächst auf Nitrat verarbeitet wird; die Mutterlauge des letzteren wird von neuem in die Jodfällbottiche gebracht. Das ausgefällte Jod wird mehrere Male mit reinem Wasser gewaschen, filtrirt und auf Filterpressen in 0,2 m dicke Blöcke verwandelt. Dieselben enthalten noch 5—10% Wasser und 5—10% nicht flüchtige Bestandtheile. Den Beschluß macht nunmehr die dritte Operation, die Destillation. Das Rohjod gelangt in eiserne Retorten mit je 8 Steingutvorlagen, deren jede einen Cylinder von 0,9 m Länge und 0,75 m Durchmesser bildet. Die letzte Vorlage ist mit einem hölzernen Deckel verschlossen; alle Fugen sind mit Thon verkittet. Es wird bei gelindem Feuer destillirt und das erhaltene Jod in kleine ausgepichte Fässer verpackt. Die nach demselben Systeme arbeitende Fabrik von R. Harvey in Tarapacá producirt in 2 Monaten 3780 kg sublimirtes Jod [1]), also etwas mehr als die Fabrik von Peruana.

Das Atomvolumen des Jods im dampfförmigen Zustande ist nach Ramsay [2]) gleich 36,69 ± 0,7749. — Eine auffallende Beobachtung hat E. Lommel [3]) am Joddampf gemacht. Derselbe zeigt nämlich orangegelbe Fluorescenz, die am schönsten zu sehen ist, wenn man das Licht durch eine Linse concentrirt und nach dem Durchgang durch ein grünes Glas auf den Joddampf fallen läßt. Die grünen Strahlen sind die wirksamsten, violette und ultraviolette dagegen gänzlich einflußlos. Joddampf ist mithin das einzige fluorescirende Gas und ebenso der einzige Körper mit Fluorescenz, auf den Violett und Ultraviolett keine Einwirkung hat.

Endlich ist zu erwähnen, daß K. Weysarg [4]) Versuche angestellt hat, Jodpentoxyd herzustellen. Aus thermochemischen

---

1) Chem. Ind. 5 (1882) S. 348.
2) Chem. N. 45 (1882) p. 183.
3) Ann. Phys. Chem. N. F. 19 (1883) S. 356.
4) Berl. Ber. 17 (1884) S. 2896.

Gründen wäre nämlich anzunehmen, daß sich J und O direct zu J_2O_5 verbinden müßten. Die Versuche (unter Anwendung von Platinschwamm als Contactsubstanz) führten bei 200° zu keinem Resultat. Da nun J_2O_5 sich bei 300°, die niedrigeren Jodoxyde bei noch niedrigeren Temperaturen zersetzen, so wäre der Versuch J und O bei über 200° liegenden Temperaturen zu vereinigen, ohne Zweifel erfolglos, und mithin muß bis jetzt Jod als nicht derart oxydirbares Element angesehen werden.

Kohlenstoff.

Das Atomgewicht des Kohlenstoffs wurde von C. Friedel[1]) durch Verbrennen von Diamant in Sauerstoff zu 12,017 bis 12,007 für O = 16 oder zu 11,987 bis 11,977 für O = 15,96 gefunden. J. D. van der Plaats[2]) bestimmte dasselbe durch Verbrennung von Graphit, Zuckerkohle und Filterpapierkohle und erhielt sechs verschiedene Werthe, nämlich für Graphit 12,001 bis 12,0018, für Zuckerkohle 12,0031 und 12,0053 und endlich für Papierkohle 12,0045. Der Durchschnitt der sechs gewonnenen Werthe ist 12,00285. Wie es scheint, gilt dieser Werth für O = 16; es ergiebt sich also für O = 15,96 das Atomgewicht des C = 11,973.

Ueber die verschiedenen Modificationen des Kohlenstoffs äußert W. Spring[3]) eine originelle Ansicht. Bei seinen Versuchen über die Bildung von Sulfiden durch Druck (die übrigens mit Bezug auf C erfolglos waren) ist derselbe zu folgender Meinung über die Natur des Kohlenstoffs gekommen. Die verschiedenen Kohlenstoffmodificationen sind Polymerisationen des Kohlenstoffs, der sich in den Verbindungen vorfindet. Beweis dafür liefert die verschiedene specifische Wärme des C in den allotropischen Zuständen. Derselbe Kohlenstoff, der bei gewöhnlicher Temperatur fast gar keine chemische Verwandtschaft besitzt, verbindet sich sehr leicht bei Temperaturen mit dem Sauerstoff, bei welchen die specifische Wärme anfängt, dem Dulong-Petit'schen Gesetze zu gehorchen. Es muß also durch die Wärme der C erst in andere allotropische Modificationen übergeführt werden. In den organisirten Körpern be-

1) Bull. Par. 41 (1884) p. 100.
2) Compt. rend. 100 (1885) p. 52.
3) Berl. Ber. 16 (1883) S. 1003.

findet sich der C wahrscheinlich in einer uns unbekannten allotropischen Form, welche ihn befähigt, die Verbindungen einzugehen, welche der Lebensproceß erzeugt. Unser gewöhnlicher Kohlenstoff wäre sozusagen nur der „kraftlose Ueberrest" jenes Kohlenstoffs im Organismus. Selbstverständlich sind diese Anschauungen vollständig hypothetische.

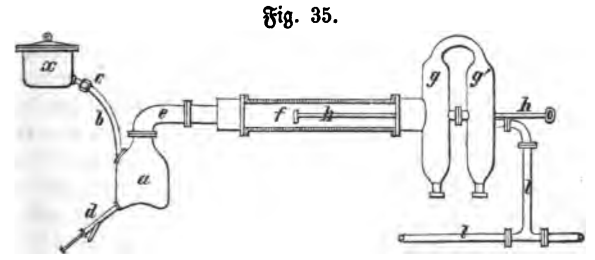
Graphit. — Zu Zwecken der elektrischen Beleuchtung bedarf man möglichst dichter, harter und reiner Kohle. Es war nach Jacquelain[1]) zu diesem Zwecke weder stark geglühte Holzkohle, noch sehr harte Gaskohle geeignet, erstere ist zu leicht verbrennlich und leitet die Elektricität schlecht, letztere giebt in Folge ihres Silicatgehaltes ein unstetes elektrisches Licht. Man hat nun zwei Wege, um eine durchaus passende Kohle zu erhalten: entweder man reinigt Kohle auf chemischem Wege, und dazu eignet sich namentlich graphitartige Kohle oder Graphit, oder man stellt sich künstlich eine graphitartige Kohle her. Die Reinigung der Kohle, speciell des Graphits kann nach drei Methoden erfolgen (siehe dies. Jahrb. XIV, S. 400). Entweder man erhitzt den Graphit bei heller Rothgluth im Chlorgase, oder man schmilzt ihn mit Aetzkali oder Aetznatron oder endlich, man behandelt ihn mit kalter, wässriger Flußsäure. Bei der Reinigung mit Chlor werden die prismatischen Stäbe aus Retortenkohle oder Graphit auf helle Rothgluth gebracht und dann 30 Stunden lang im Chlorstrome weiter erhitzt. Si, Al, Mg, K, Na. rc. verflüchtigen sich als Chloride, H geht als HCl fort und eine chemisch reine Kohle hinterbleibt. Aber in derselben sind zahlreiche Hohlräume entstanden, die erst wieder ausgefüllt werden müssen. Zu diesem Zwecke leitet man über die immer noch hellrothglühenden Kohlenstäbe 5—6 Stunden die Dämpfe von Kohlenwasserstoffen, insbesondere von schwerem Steinkohlentheeröl. Dabei ist sorgfältig die Bildung eines Rußüberzugs an den Stiften zu vermeiden, denn alsdann backen dieselben zu einem nicht mehr brauchbarem Block zusammen. Bei der zweiten Reinigungsmethode, dem Schmelzen mit einem ätzenden Alkali, entstehen Alkalisilicate, -aluminate rc., die man mit warmem Wasser herauswäscht. Hierauf wird das Eisen durch warme Salzsäure weggelöst und schließ-

1) Ann. Chim. Phys. [5] 27 (1882) p. 537.

lich letztere durch Wasser verdrängt. Beim Schmelzen ist die Temperatur streng zu reguliren, damit nicht der C selbst angegriffen wird. Auch hier müssen die Stücke schließlich carburirt werden. Die Reinigung mit Flußsäure endlich ist die einfachste. Die Stücke werden in Bleigefäßen 24 bis 48 Stunden lang mit verdünnter Flußsäure bei 15 bis 25° behandelt, alsdann ausgewaschen und carburirt.

Die künstliche Darstellung von Graphit geschieht in dem in Fig. 35 skizzirten Apparate. Das gußeiserne Sammelgefäß x ist mit Theer oder schwerem Theeröl angefüllt. Wird der Hahn c geöffnet, so fließen die Kohlenwasserstoffe durch b nach dem gußeisernen Siedekessel a, in welchem sie langsam zum Sieden erhitzt werden. d ist ein Entleerungshahn. Die Dämpfe gelangen durch die gußeiserne Röhre e in die liegende Retorte f,

Fig. 35.



welche mit den beiden Recipienten g g' in Verbindung steht. Ein Rühreisen h dient zum Ausräumen von f im Falle von Rußbildung und g und g' nehmen alsdann den Ruß auf. Das an g' angeschlossene Rohr l führt den frei gewordenen Wasserstoff, wie die nicht zersetzten Kohlenwasserstoffe unter den Rost, um sie als Brennmaterial zu verwerthen. Um eine stets homogene, reine, dichte, blasenfreie Kohle zu erhalten, muß man Kohlenwasserstoffe von möglichst hohem Siedepunkt benutzen und die Retorte f auf 1000—1200° erhitzen. Dabei werden die Kohlenwasserstoffe dissociirt und scheiden ihren C in Graphitform aus. Die Retorte muß sehr feuerbeständig und im Innern völlig glatt sein, damit der Graphit nicht fest anbäckt; um das letztere zu verhindern, streicht man das Innere noch mit einer Mischung aus schwerem Oele und Ruß aus. In der Axe der Retorte ist in ganzer Länge und 2/3 der Höhe

des Cylinders eine Platte von emaillirten Porcellan angebracht, welche die Bildung von Ruß wesentlich herabmindert. Die Heizung der Retorte geschieht durch Koks, mit denen der Cylinder umgeben wird. Diese ganze Einrichtung wird für Arbeit im Großen in etwas modificirter Weise angewendet, doch kann auf diese Anlagen nur hingewiesen werden. Die beste mit diesen Apparaten gewonnene graphitische Kohle besitzt bis zu 236 carcels Leuchtvermögen, während chemisch gereinigter Graphit aus Sibirien noch 1/6 Leuchtkraft mehr aufweist, weil er härter als der künstliche Graphit ist. Wo man also geeigneten natürlichen Graphit erhalten kann, empfiehlt sich mehr die chemische Reinigung desselben, als Herstellung von künstlichem Graphit.

Noch wichtiger als zu elektrischen Beleuchtungszwecken ist die Verwendung des Graphits zu Graphittiegeln. Die Haupterfordernisse bei der Herstellung guter Graphitschmelztiegel sind: Verwendung des besten Materials, richtige Mischung, Gleichmäßigkeit des Formens.[1]) Neuerdings werden vielfach deutsche Tiegel benutzt, doch erfreuen sich die englischen immer noch des größeren Rufes. Ueber die Fabrikation der Graphittiegel speciell in England liegen ausführliche Mittheilungen von J. C. Booth[2]) vor. Ein Graphittiegel besteht im Wesentlichen aus zu feinen Blättchen zerkleinertem Graphit, welche Blättchen durch theilweise geschmolzenen Thon streng in ihrer Stellung gehalten werden. Der Thon wird mit Graphit und wenig Sand vermischt; letzterer soll das Schwinden während des Trocknens verhindern. Vom Graphit giebt es drei Arten: elastisch blättrigen, elastisch fasrigen und amorphen. (Siehe dies. Jahrb. XII, S. 325.) Der fasrige Graphit ist gleichwerthig mit dem blättrigen, aber höchst selten. Der amorphe Graphit enthält nur wenig Blättchen, selbst wenn er krystallinisch erscheinen sollte, und trägt in Folge dessen nur sehr wenig zur Schwerschmelzbarkeit des Tiegels bei, daher seine Verwendung zu vermeiden ist. Der Handelsgraphit kommt in Stücken, Körnern oder Staub zum Verkauf und besteht zum großen Theile aus der ausgezeichnet blättrigen Varietät; er soll einen silberartigen, höchstens einen

---

1) Chemik. Ztg. 5 (1881) S. 269.
2) Chem. N. 51 (1885) p. 55. 221.

stahlartigen Glanz haben und im Maximum 6% Verunreinigungen (Quarz und Pyrit) enthalten. Der beste Graphit kommt gegenwärtig von Ceylon, und seinem Ursprunge nach ist er wahrscheinlich ein umgewandelter Anthracit.

Die erste Operation der Graphittiegelfabrikation ist das Pulvern des Graphits. Diese Arbeit muß mit äußerster Sorgfalt ausgeführt werden. Die zerkleinerten Graphitstücke werden in Mühlen gemahlen; es entsteht ein ungleichmäßiges Pulver, welches nochmals vermahlen wird. Jetzt wird gesiebt und der gröbere Rückstand abermals gemahlen und gesiebt, bis schließlich die ganze Masse ein Pulver von der genügenden Feinheit bildet. Eine zweite Operation betrifft die Mengung mit dem Thon, den man beimischt, damit der fertige Tiegel auch in der Weißgluth seine Form behält. Besonders geeignet ist der Thon von Klingenberg in U.-Franken, dessen allein zu verwendende beste Sorte in amtlich gestempelten Stücken in den Handel kommt. Dieser Thon ist ganz frei von Sand und im nassen Zustande höchst plastisch; er läßt sich mit dem Graphit aufs Innigste vermischen, schmilzt für sich selbst erhitzt schwer in Weißgluth und erweicht, wenn er mit Graphit vermischt war, bei dieser Temperatur nur so weit, daß er jedes Graphitblättchen umhüllt. Er enthält $^3/_8$ Al_2O_3, $^1/_8$ H_2O, $^4/_8$ SiO_2 mit geringen Mengen von Eisenoxyd und Alkalien. Dieser Thon muß mit dem Graphit und etwas Sand vermischt werden. Der Sand muß grob und kieselsäurereich sein, damit er hohe Temperaturen aushält, ohne zu Pulver zu zerspringen; er soll ein gleichmäßiges Austrocknen der Tiegel vor dem Brennen bewirken, die Form des Tiegels erhalten helfen und das Springen beim Brennen verhindern.

Die Verhältnisse, in welchen die 3 Bestandtheile der Tiegel angewendet werden, sind in verschiedenen Fabriken verschieden, doch müssen sie so gewählt werden, daß der gebrannte Tiegel 55% Graphit enthält. Bei der Berechnung des Satzes zieht man beim Graphit 6% als Nichtkohlenstoff ab. Sehr empfehlenswerthe Mischungen sind die folgenden:

Graphit	Lufttrockner Thon	Sand	Gewicht d. gebr. Masse	
1100	1000	120	2100	Gewichtstheile.
	950	160	1996	
	900	200	1990	

Das Vermischen geschieht in der Weise, daß man zunächst aus dem Thon mit Wasser einen dünnen Teig bereitet und diesem die nöthige Menge Sand und Graphit zusetzt. Die ganze Masse wird zuerst zusammengeschaufelt, dann in einen Mischer gebracht. Der letztere besteht aus einem hölzernen Fasse mit verticaler, im Centrum des Bodens drehbarer Axe, um welche in gemessenen Abständen fast bis an die Faßwände reichende horizontal gestellte Messer spiralförmig angeordnet sind. Die Messer sind etwas zur Drehungsebene geneigt. Sie zerschneiden die Masse immer von Neuem und bewirken so eine innige Vermischung. Hierauf läßt man die Massen aus einer Thüre nahe dem Boden austreten und giebt sie von Neuem oben auf, bis schließlich die gewünschte, mikroskopisch feine Mischung erzielt ist. Schließlich läßt man die Massen längere Zeit in einem feuchten Keller unter Decken liegen, wodurch sie noch besser werden sollen.

Als dritte Operation folgt nunmehr das Formen. Die für einen Tiegel abgewogene Masse wird wiederholt geschnitten und geschlagen und auf den Boden der Gipsform gepreßt, die die Außenseiten des Tiegels fertig stellt. Während die Form sehr schnell rotirt, wird ein Stahl- oder Eisenprofil des Inneren allmählich in die Masse eingelassen, die somit stark gegen die Seiten und den Boden der Außenform angepreßt wird. Auf dieser Formung unter Druck während der Umdrehung beruht ein Theil der Güte des Tiegels, denn hierbei ordnen sich die Graphitblättchen tangential zu den Tiegelwänden durch die ganze Masse hindurch an.

Es folgen nunmehr die Operationen des Trocknens und Brennens. Die Tiegel bleiben eine Zeit lang in den Gipsformen, ehe sie in einen Raum mit warmer, trockner Luft gebracht werden. Frost wie zu rasches Trocknen sind zu vermeiden, denn beide bewirken die Bildung von Rissen. Als Trockenraum eignet sich die Umgebung des oberen Theils der Brennöfen. Das Brennen erfordert wiederum besondre Sorgfalt, denn die Tiegel sollen durch und durch gebrannt, aber kein Graphit ausgebrannt sein. Deshalb bringt man sie in Kapseln, welche die Luft ausschließen, und zwar braucht man für jeden Tiegel zwei Kapseln, deren eine den Tiegel aufnimmt, während die zweite darüber gestülpt wird. Mitunter wird außerdem

noch die Trennungsstelle der beiden Kapseln verschmiert oder die Luft durch Kohlensäure ersetzt. Das Brennen erfolgt in Oefen, welche gegen das Ende hin eine Verminderung des Luftzutritts, also einen Verschluß der Luftöffnungen, gestatten. Hierdurch verlangsamt man die Verbrennung des Feuerungsmaterials und bewirkt eine höchst allmähliche Abkühlung der Oefen. Der fertig gebrannte Tiegel wird auf seine Güte geprüft. Sieht er graphitartig aus und läßt sich nicht mit dem Nagel oder Messer ritzen, so ist er sehr gut gebrannt; läßt er das letztere zu, so ist er noch nicht fertig gebrannt. Ist die Farbe graubraun, so ist Graphit verbrannt, ist aber diese Farbe sehr hell und zeigt sich beim Reiben mit dem Finger darunter schwarze Färbung, so ist der Tiegel gut gebrannt. Muß man einigermaßen tief ritzen, ehe man auf Schwarz trifft, so ist der Tiegel schlecht bis werthlos. — Was die Verwendung der Graphittiegel anbetrifft, so dienen dieselben hauptsächlich zum Schmelzen und Gießen von Stahl, doch auch zum Schmelzen von Messing, Silber rc. Die Dauer des einzelnen Tiegels ist verschieden, je nach der Natur des verschmolzenen Materials; in der Regel ist aber der Tiegel mehrfach verwendbar, selbst wenn seine Außenseite sich beträchtlich verändert haben sollte. Die Hainsberger Graphittiegel sollen z. B. 16—20 Eisenschmelzungen und 41—45 Messinggüsse aushalten.[1]) Da die gebrannten Tiegel leicht Feuchtigkeit anziehen, schlägt S. A. Peto[2]) (D. R.-P. 13811) vor, dieselben noch warm (100°) mit einem Firniß zu bestreichen, der aus einer Lösung von Harz, Gummi oder Pech in Terpentinöl, Holzgeist oder Alkohol besteht.

Kohlenoxyd. — Die Frage nach dem Verbrennungsprodukt der Kohle bei hohen Temperaturen beantwortet A. Ledebur[3]) zu Gunsten des Kohlenoxyds. Eine vollständige Verbrennung der Kohle ist natürlich nur im Ueberschusse von Sauerstoff möglich; sie wird befördert durch die hohe Temperatur im Verbrennungsraume. Aber der Schluß, daß hohe Temperatur die Bildung von Kohlensäure, niedrige diejenige von Kohlenoxyd befördere, ist falsch. Hohe Temperatur ergiebt nur im Ueberschusse von Sauerstoff Kohlensäure als

1) Chemiker-Ztg. 5 (1881) S. 269.
2) Ebendas. S. 478.
3) Chem. Centralbl. 14 (1883) S. 77.

Verbrennungsprodukt der Kohle, niedrige dagegen niemals Kohlenoxyd. Im Eisenhochofen entsteht um so mehr Kohlenoxyd bei um so rascherer und vollständigerer Kohlenstoffverbrennung, je höher die Temperatur ist. Auch Versuche in kleinerem Maßstabe, bei denen Holzkohle in einer Verbrennungsröhre im Luftstrome bei verschiedenen Temperaturen verbrannt wurden, erwiesen, daß bei niedriger Temperatur Kohlensäure, bei hoher dagegen Kohlenoxyd entsteht. Die gefundenen Zahlenwerthe sind die folgenden:

Temperatur	Procente CO_2	Procente CO	
350°	78,6	21,4	Die Procente sind dem Gewichte nach zu verstehen.
440°	72,4	27,6	
520°	71,4	28,6	
700°	62,6	37,4	
1100°	1,3	98,7	

Eine neue Darstellungsmethode von Kohlenoxyd giebt E. Noack[1]) an. Bei etwa 400° reducirt nämlich Zinkstaub die Kohlensäure in reichlicher Menge. Man füllt ein weites Glasrohr unter Freilassung eines Canals der ganzen Länge nach mit Zinkstaub, der zwischen zwei Asbestpfropfen festgehalten wird. Das eine Ende der Röhre wird nach unten gebogen, damit nicht das im Zinkstaub vorhandene Wasser störend wirkt. Alsdann leitet man vom anderen Ende her Kohlensäure ein und erhitzt jedenfalls nicht über das beginnende Glühen hinaus. Die Kohlensäure muß vorher (z. B. durch Sodalösung) von mitgerissener Säure befreit werden; das gebildete Kohlenoxyd wäscht man mit Natronlauge. Die Reduction der CO_2 ist fast vollständig, und man kann in kurzer Zeit mit etwa 200 g Zinkstaub mehr als 20 Lit. CO erhalten. H. Jahn nimmt übrigens für sich und E. Ludwig die Priorität der Auffindung dieser Reaction in Anspruch.[2]) L. P. Kinnicutt[3]) hat diese Methode in der Weise modificirt, daß er gepulverten Magnesit mit dem doppelten Gewichte Zinkstaub vermischt in einer kupfernen Retorte erhitzt. In den ersten 5 Minuten entwickelt sich ein ziemlich kohlensäurereiches Gas; alsdann entweicht fast reines Kohlenoxyd.

1) Berl. Ber. 16 (1883) S. 75.
2) Ebendas. S. 308.
3) Chemiker-Ztg. 7 (1883) S. 648.

Ueber das Verhalten des Kohlenoxyds gegen Sauerstoff macht H. B. Dixon[1]) folgende Angaben. Ein absolut trockenes Gemisch aus 2 Vol. $CO + 1$ Vol. O läßt sich durch den Funken einer Leydener Flasche nicht zur Explosion bringen; wohl aber erfolgt diese Explosion sofort, sobald nur die geringste Beimischung von Wasser- oder Aetherdampf stattfindet. Deshalb ist anzunehmen, daß die Explosion nach folgenden Gleichungen verläuft: (1) $CO + H_2O = CO_2 + H_2$; (2) $2H_2 + O_2 = 2H_2O$. Die Explosion wird um so heftiger, je größer die Zahl der Wassermoleküle ist.

Auch L. Maquenne[2]) kommt zu dem Schlusse, daß Zersetzung des Wasserdampfes durch Kohlenoxyd stattfinden könne. Es entsteht nämlich bei der Zersetzung der Ameisensäure Wasserstoff und Kohlensäure statt Wasser und Kohlenoxyd, wie man vermuthen sollte. Ist die Temperatur bei der Zersetzung hoch, so wird freilich ein Theil der Kohlensäure wieder dissociirt und Kohlenoxyd tritt auf. Wird Ameisensäure bei 150° dreißig Stunden lang erhitzt, so ist nur Kohlensäure und Wasserstoff in den Zersetzungsprodukten. Es folgt aus diesen Beobachtungen, daß Gemenge von Wasserstoff und Kohlensäure unter der Dissociationstemperatur der letzteren ungeändert bleiben; ferner daß Kohlenoxyd in niedriger Temperatur ein kräftigeres Reductionsmittel ist als Wasserstoff; und endlich, daß Kohlenoxyd unter Umständen den Wasserstoff des Wassers reducirt.

Als Reductionsmittel gegenüber schwefliger Säure wird Kohlenoxyd von Berthelot[3]) aufgeführt. Wird ein Gemisch beider Gase in eine sehr enge rothglühende Porcellanröhre eingeleitet, so scheidet sich S aus: $2CO + SO_2 = 2CO_2 + S$. Etwas anders ist das Resultat, wenn man den electrischen Funken 24 Stunden lang durch ein Gemisch aus 2 Vol. $CO + 1$ Vol. SO_2 schlagen läßt; es resultiren dann 24% CO_2, 75% CO und 1% O, während die schweflige Säure zu SO_3 oxydirt wurde. Aus alledem geht hervor, daß sich CO leicht zu CO_2 oxydirt. Dieselbe Oxydation des Kohlenoxyds ruft

1) Chem. Centralb. 13 (1882) S. 354. 748.
2) Bull. Par. 39 (1883) p. 308.
3) Compt. rend. 96 (1883) p. 298.

nach M. Traube[1]) wasserstoffhaltiges wie wasserstofffreies Paladium oder Platin hervor, falls Wasser und Sauerstoff zugegen sind; außerdem wird hierbei das H_2O zu H_2O_2 oxydirt. Leeds und Baumann fanden, daß ferner Kohlenoxyd oxydirt werde, wenn man es gemischt mit Luft über feuchten Phosphor leitet. J. Remsen und E. H. Keiser[2]) bestreiten dies und schieben die gefundene Kohlensäure auf Oxydation des im Phosphor enthaltenen Kohlenstoffs. E. Baumann hält aber an der Richtigkeit seiner ersten Behauptung fest. Endlich sei erwähnt, daß Berthelot auf die Zersetzbarkeit des Kohlenoxyds durch den elektrischen Funken, ja schon durch Weißgluth, hinweist. Die Zersetzung verläuft nach der Gleichung $2CO = CO_2 + C$. In sehr geringem Betrage beginnt diese Zersetzung schon bei der Temperatur, bei welcher Glas erweicht; freilich wird nicht mehr als $^1/_{1000}$ Vol. des Kohlenoxyds hierbei zersetzt. Diese Zersetzung des Kohlenoxyds in hoher Temperatur, die man gewissermaßen eine Selbstreduction nennen könnte (natürlich auch eine Selbstoxydation), ist besonders für technische Processe der Metallreduction (z. B. im Hochofen) wichtig.

Kohlensäure. — Kohlensäureemanationen finden an verschiedenen Orten der Erde statt. Nach C. Zincken[3]) ist eine sehr kräftige Kohlensäuregasquelle im Kohlenfeld Germania in der Nähe von Brüx vorhanden. Die Kohlensäure dringt mit solcher Gewalt aus der Erde, daß Kohlenstücke von Faustgröße mit Heftigkeit hervorgeschleudert werden und die Hand nicht im Stande ist, dem Strome genügenden Widerstand zu leisten. Die Kohlensäure quillt aus den Bohrlöchern und bildet in den Grubenstrecken Schichten von 1 bis 1,5 m Höhe. Der Grund dieser Kohlensäureanhäufungen ist kaum in Oxydation der Kohle, sondern weit eher in der Nachbarschaft eruptiver Gesteinsschichten zu suchen. Auf der gleichen Ursache beruht das Auftreten der altbekannten Kohlensäurequellen in der Eifel. Speziell über die Quellen von Burgbrohl und Hönningen a. Rh. berichtet Heusler[4]) mit Bezug auf ihre technische Verwerthung. Eine Mofette bei Burgbrohl wird schon

1) Berl. Ber. 15 (1882) S. 2854.
2) Dieselbe 17 (1884) S. 83. 283.
3) Oesterr. Ztschr. 31 (1883) S. 599.
4) Chemiker Ztg. 8 (1884) S. 1695.

seit Jahren zur Bleiweißfabrikation verwendet. Außerdem verflüssigt man täglich 640 kg Kohlensäure nach dem Systeme Raydt-Kunheim. Neuerdings hat man die Menge der ausfließenden Kohlensäure bedeutend erhöht durch Stoßen eines Bohrloches; es treten jetzt pro Minute etwa 1500 Lit. Gas und 430 Lit. Wasser aus. Die Quelle von Hönningen ist von geringerer Bedeutung. Ihr Gas wird durch Rohre bis zur Compressionsanstalt geleitet, hier comprimirt (aber nicht verflüssigt) und im comprimirten Zustande nach dem Victoriasauerbrunnen bei Oberlahnstein transportirt, mit dessen natürlichem Kohlensäuregehalt es darnach etwas schlecht beschlagen zu sein scheint.

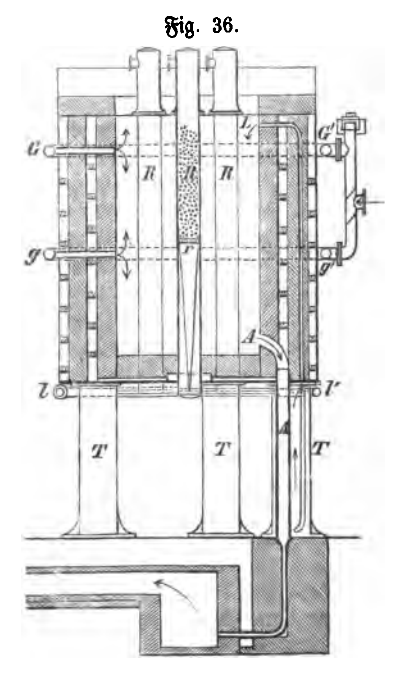
Zur Darstellung der Kohlensäure sind eine Reihe neuer Apparate vorgeschlagen worden. Wenig neues bietet der Kohlensäureentwickler von Ch. Lauer[1]) (D. R.-P. 28882 vom 27. Nov. 83), der einfach nach dem Principe des Kipp'schen Apparates construirt ist. In einem weiten mit Schwefelsäure gefüllten Cylinder ist ein mit Hülfe einer Schraubenspindel bewegbares conisches Porcellangefäß angebracht. Dasselbe ist oben eng, unten weit, besitzt einen durchlöcherten Boden und wird mit doppelt kohlensaurem Natron beschickt. Dreht man das Gefäß in die Säure so entweicht CO_2; bei Ueberdruck wird die Schwefelsäure aus dem Kegel in das Säuregefäß und in den Zwischenraum zwischen diesem und dem Conus gepreßt, wodurch Luftcompression eintritt, bis der Druck sich ausgeglichen hat. Der Apparat von M. Schröder[2]) (D. R.-P. 28087 v. 23. Jan. 84) bezweckt, jederzeit Kohlensäure von beliebiger Spannung zu liefern. Der Haupttheil des Apparates ist ein allseitig geschlossener mit Luft gefüllter Bleicylinder, dessen nach unten gerichteter kurzer offener Hals in einen verengten tiefsten Theil des großen Entwicklungscylinders hineinreicht. Zwischen letzterem und dem Bleigefäße ist allseitig ein schmaler Zwischenraum. Ueber dem Bleicylinder ist der äußere Cylinder mit Kalkstein beschickt. Man giebt aus einem Meßgefäße die nöthige Menge Salzsäure zu, bis der Kalkstein bedeckt ist. Wird jetzt der Abflußhahn für das Gas geschlossen, so treibt der Druck des Gases

1) Chem. Ind. 7 (1884) S. 349.
2) Dingl. p. J. 254 (1884) S. 30.

selbst die Salzsäure in den Bleikasten, entblößt so den Kalkstein von Säure, comprimirt die Luft im Bleicylinder und hält somit die Kohlensäure im Apparate unter hoher Spannung, die je nach dem Grade der Hahnöffnung mehr oder weniger schnell ausgenutzt werden kann.

Der Kohlensäuregewinnung im Großen und auf trocknem Wege soll die Ofenanlage von A. Siegert[1]) dienen (D. R.-P. 26957 v. 12. Sept. 83). Es sind Schachtöfen neben großen Abkühlungskammern angeordnet. Die Schächte werden mit Koks gefüllt, durch deren Verbrennung die Kohlensäure entsteht. Die Luft tritt durch den Rost der Oefen ein; die Kohlensäure gelangt in die Abkühlungskammern, von deren Boden sie nach einem Waschapparat mit Hülfe einer Luftpumpe abgesaugt wird.

Fig. 36.



Weit wichtiger ist der Ofen zur Erzeugung reiner Kohlensäure aus natürlichen Carbonaten von H. Grouven, über welchen E. Meyer-Mülsen berichtet[2]) (siehe Figur 36). Leitet man durch ein glühendes, mit Stücken von Kalkstein, Dolomit, Witherit 2c. gefülltes Rohr heißen Wasserdampf, so tritt schon bei mäßiger Rothgluth Kohlensäureentbindung ein und nach einiger Zeit sind aus den Carbonaten die Oxyde entstanden. Das Gleiche läßt sich wohl auch durch einfaches Brennen erzielen, aber die

1) Chemiker Ztg. 8 (1884) S. 1023.
2) Dingl. p. J. 252 (1884) S. 68.

Kohlensäure wird dabei theils verunreinigt, theils namentlich mit so viel Luft verdünnt, daß sie nicht mehr genügend ausgenutzt werden kann. Bei Arbeit mit Wasserdampf enthält dagegen die Kohlensäure höchstens 1% Verunreinigungen und ist also ebenso rein, wie die zu Zwecken der Mineralwasserfabrikation aus Magnesit und Schwefelsäure entwickelte Kohlensäure. Gleichzeitig fallen bei Benutzung des Wasserdampfs alle Waschapparate fort, und nur die Construction des Ofens muß die richtige sein. Der Grouven'sche Ofen hat sich zu diesem Zwecke wohl bewährt. In dem eigentlichen Ofen sind 7 Retorten R angeordnet (in der Zeichnung nur 3 sichtbar), von 3—4 m Länge und 0,25 m lichter Weite, deren jede täglich 7,5 t Kalkstein verarbeiten kann. Luft und Heizgas werden von einem Roots-Gebläse zur Hälfte in den Gasgenerator (in welchem aus Koks das Heizgas bereitet wird), zur andern Hälfte in den Ofen gedrückt. Das Gas aus dem Generator strömt mit Hülfe der beiden Rohrringe GG' und gg' mit einer Temperatur von 600—800° in den Ofen ein. Die Luft gelangt durch den Ring ll' nach dem Boden der fünf Träger T des Ofens (nur drei in der Figur sichtbar, der eine im Durchschnitt). Durch diese Träger entweichen mit Hülfe des Kanals A die Abzugsgase, und heizen so die Luft auf 300—400° vor. Bei L im oberen Theile der Ofens tritt die Luft in diesen ein. Die Retorten werden von oben her mit Kalksteinstückchen von 20—40 mm Durchmesser beschickt, so zwar, daß vom beweglichen Roste r an die Hälfte des disponiblen Raumes von R ausgefüllt ist. Alsdann läßt man auf je 1 t Füllung pro Minute 1 kg Dampf durch die Retorte streichen. Der Dampf tritt unten ein, durchstreicht den leeren Raum der Retorte und wird hier so stark erhitzt daß er nunmehr den glühenden Kalkstein leicht zersetzt. Oben entweicht die Kohlensäure seitlich aus den Retorten. Nach 4 Stunden Betrieb verschließt man die Retorten oben, läßt den gebrannten Kalk mit dem beweglichen Roste herabfallen, setzt letzteren wieder ein und beschickt sofort von oben durch die Morton'sche Thüre auf's Neue. In der chemischen Fabrik Bürgershof bei Lauenburg mußten mit diesem Apparate zum Brennen von je 100 kg Rüdesheimer Muschelkalk ungefähr 12 kg Koks und 24 kg Dampf aufgewendet werden, was sehr günstige Verhältnisse sind.

Feste Kohlensäure. — Als Nachtrag zu Seite 278 des Berichtes über die Verdichtung der Gase sei hier der Apparat erwähnt, dessen sich Ducretet[1]) zur Erzeugung von fester Kohlensäure bedient. In einen Cylinder, dessen Deckel durch Bajonnetverschluß befestigt wird, führt durch den Deckel in schiefer Richtung eine Röhre bis nahe an den Boden, während durch letzteren ein hohler unten offener Handgriff bis über die Hälfte der Höhe des Cylinders in diesen hineinragt. Dieser Handgriff trägt am oberen verschlossenen Ende und nahe der Stelle, wo er den Cylinderboden erreicht, kleine Oeffnungen. Der ganze Apparat ist aus Ebonit als einem schlechten Wärmeleiter hergestellt. Sobald man das schiefe Rohr mit der Ausflußöffnung des Recipienten verbunden und dieselbe geöffnet hat, strömt die flüssige Kohlensäure mit Kraft gegen den Boden des Cylinders und verwandelt sich in Schnee, der bald den ganzen Apparat erfüllt. Das nicht condensirte Gas entweicht durch die kleinen Löcher des Handgriffs. Die Kohlensäure erzeugt beim Einströmen so starke Reibung, daß der Ebonitcylinder elektrisch geladen wird. Soll der Schnee entfernt werden, so nimmt man einfach den Deckel ab.

Löslichkeit der Kohlensäure. K.-Hydrat. — Die Löslichkeit der Kohlensäure in Wasser unter erhöhtem Drucke wurde von S. v. Wroblewski[2]) (s. dies. Jahrb. XVIII, S. 352) studirt. Es wurde festgestellt, daß der Sättigungscoëfficient (Gasmenge, welche sich in 1 ccm Wasser löst) bei gleichbleibender Temperatur viel langsamer steigt, als der Druck; und ferner, daß er bei gleichem Druck umgekehrt proportional zur Temperatur zunimmt. Zwischen diesen Gesetzmäßigkeiten und der Bildung des Kohlensäurehydrats $CO_2 + 8H_2O$ besteht eine bestimmte Beziehung. Das Hydrat eines Gases kann sich unter Druck nicht bilden, wenn nicht die zur Hydratbildung nöthige Gasmenge vorhanden ist. Obiges Hydrat verlangt den Sättigungscoëfficienten 155, kann sich also unter Druck nicht bilden, denn bei 30 atm ist erst der Sättigungscoëfficient 33,74 erreicht und die Kohlensäure beginnt bereits sich zu verflüssigen. Flüs-

1) Compt. rend. 99 (1884) p. 235.
2) Compt. rend. 94 (1882) p. 1355. Ann. Phys. Chem. N. F. 17 (1882) S. 103.

sige Kohlensäure vermischt sich aber nicht mit dem Wasser. Hingegen bildet sich das Hydrat bei starker Erkältung und geringen Mengen Wasser; größere Wassermengen gefrieren zu schnell. Zum normalen Hydrat $CO_2 + H_2O = H_2CO_3$ gehört der Sättigungscoëfficient 1236; angenommen, der dazu nöthige Druck wäre erreichbar, so würde doch die gleichzeitig nöthige Abkühlung das Wasser schnell zum Gefrieren bringen, ehe es sich mit HO_2 gesättigt hätte, und deshalb kennen wir dieses Hydrat nicht. Jenes Hydrat mit $8H_2O$ ist in der Weise darstellbar, daß man Kohlensäure und wenig Wasser in den Compressionsapparat einführt und dann bei 0° comprimirt. Ist der Druck auf 35 **atm** gestiegen, so ist die CO_2 verflüssigt und schwimmt auf dem Wasser. Erniedrigt man den Druck plötzlich bis nicht unter 12,3 **atm**, so entsteht eine dünne Schicht eines durchsichtigen Reifs; läßt man den Druck weiter sinken, so verschwindet der Reif, erscheint aber auf Druckvermehrung hin wieder. Läßt man dagegen den Druck plötzlich fast gleich Eins werden, so kommt beim Druckerhöhen der Reif nicht ohne Weiteres wieder, sondern man muß erst bis 30 **atm** comprimiren und dann wieder, wie oben gesagt, expandiren. Die Zusammensetzung des Hydrats ergab sich auf indirectem Wege aus Versuchen, bei denen die Menge des Wassers so gewählt wurde, daß sie vollständig im Hydrate gebunden war. Es fanden sich pro 1 Mol. CO_2, im Mittel 8,01 Mol. H_2O gebunden. M. Ballo[1]) glaubt die Existenz eines Kohlensäurehydrats in gewissen natürlichen Mineralwässern annehmen zu müssen, und zwar auf Grund der Thatsache, daß dieselben mit Magnesium Wasserstoff entwickeln, wie etwa verdünnte Schwefelsäure mit Zink. Aus $KHCO_3$ entwickelt Mg nur Kohlensäure, desgleichen aus $NaHCO_3$; auf normale Alkalicarbonate wirkt es gar nicht ein; deshalb soll Magnesium als Reagens für Kohlensäurehydrat dienen können. Dabei ist zu bemerken, daß die Lösung des Anhydrids CO_2 minder sauer und energisch wirken soll, als die Lösung jenes unbekannten Hydrats, welches man seiner Zersetzlichkeit halber nicht isoliren kann.

Auf die Kohlensäure als Antisepticum hat bereits 1791 Hermbstädt in seinem „Systematischen Grundriß

---

2) Berl. Ber. 15 (1882) S. 3003.

der allgemeinen Experimentalchemie" hingewiesen, indem er sagt, daß Fleisch, welches in „Luftsäure" aufbewahrt wird, sich länger halte, als in „gemeiner Luft" und daß fauliges Fleisch durch Kohlensäure die bläuliche Farbe und den Geruch verliere; der Arzt Perceval hat bereits damals die chirurgische Anwendung der Kohlensäure empfohlen. Die Kenntniß von diesen Thatsachen war aber verloren gegangen und erst in unseren Tagen wurde der jüngst vorstorbene H. Kolbe [1]) Wiederentdecker der antiseptischen Wirkung der Kohlensäure. Faulendes Fleisch reagirt alkalisch, während gesundes Fleisch saure Reaction besitzt. Hierdurch wurde die Vermuthung nahe gelegt, daß überhaupt Säuren das Fleisch vor Fäulniß bewahren könnten, indem sie etwa entwickeltes Ammoniak neutralisiren. Hierdurch ist wohl die conservirende Eigenschaft des Essigs erklärt. Vielleicht lassen sich an Stelle der Säuren in wässriger Lösung auch die Dämpfe oder Gase verwenden; in der That waren Versuche mit gasförmiger Salz-, Salpeter- und schwefliger Säure von Erfolg begleitet, aber das in diesen Gasen conservirte Fleisch nahm einen vom Geschmacke des frischen Fleisches verschiedenen Geschmack an. Dagegen erwies sich Kohlensäuregas zur Conservirung von Rindfleisch (nicht von Hammel- und Kalbfleisch) als ganz brauchbar, wenn das Fleisch frei in dem Gase aufgehängt wurde. Als Apparat wurde ein von unten her mit CO_2 gefüllter Cylinder verwendet, dessen Deckel hydraulischen Verschluß durch Glycerin besaß. Das Fleisch hielt sich hierin in großer Sommerhitze 5 Wochen ohne Fäulniß, wenn auch äußerlich mit der Zeit Graufärbung eintrat. Wurde der Kohlensäure etwas Kohlenoxyd beigemischt, so blieb dagegen die Farbe hell fleischroth. Praktisch wird die Methode nach Kolbe nur da verwendbar sein, wo die Natur Kohlensäure im Gaszustande liefert, außerdem etwa noch bei chirurgischen Operationen, in welch letzterer Hinsicht aber noch Versuche angestellt werden müssen.

Schwefelkohlenstoff. — Wenn man einen langsamen Kohlensäurestrom in siedenden Schwefel einleitet, so tritt nach Berthelot [2]) keine Reaction ein; wenn man dagegen ein Ge-

1) J. f. p. Ch. (N. F.) 26 (1882) S. 249; 28 (1883) S. 61.
2) Compt. rend. 96 (1883) p. 298.

misch aus Schwefeldampf und Kohlensäure durch ein rothglühendes Porcellanrohr leitet, so entsteht CO, SO_2 und in geringen Mengen Kohlenoxysulfid COS. Wahrscheinlich dissociirt sich dabei ein geringer Betrag von Kohlensäure in $CO + O$. Schwefelkohlenstoff entsteht bei Einwirkung von C auf SO_2 nur theilweise. Erhitzt man Kohlenstoff im Porcellanrohr zur Rothgluth und leitet SO_2 darüber, so ergiebt sich die Umsetzung $4SO_2 + 9C = 6CO + 2COS + CS_2$; also auch hier entsteht ein Betrag von Kohlenoxysulfid. Wahrscheinlich verläuft diese Reaction in zwei Phasen, deren erste die Reduction der SO_2 zu S unter Kohlenoxydbildung, deren zweite dagegen die Bindung von CO und C mit S zu COS und CS_2 umfaßt. Wie es scheint, zersetzt sich der CS_2 wiederum theilweise, denn die Kohle überzieht sich mit einer Art Ruß.

Ueber die Darstellung von Schwefelkohlenstoff aus Steinkohlenleuchtgas berichtet H. L. Greville.[1]) Das auf Lufttemperatur abgekühlte rohe Steinkohlengas enthält an Verunreinigungen pro 1 cbm 5—8 g NH_3, 25—30 g H_2S, 27—30 g CO_2 und 0,8—1,1 g S, zumeist in der Form des Schwefelkohlenstoffs. Das gereinigte Gas enthält immer noch pro 1 cbm ungefähr 0,8 g CS_2. Man leitet das Gas deshalb durch den Kalkreiniger, dessen Kalkfüllung erst mit kohlensäurefreiem, aber schwefelwasserstoffreichem Gase behandelt wurde. Hierdurch erlangt der Kalk die Fähigkeit, CS_2 zu absorbiren, und man nimmt in der Regel an, daß diese Reactionen sich wie folgt vollziehen: (1) $Ca(OH)_2 + H_2S = 2H_2O + CaS$; (2) $CaS + CS_2 = CaCS_3$ (Calciumsulfocarbonat). Zweifellos entsteht aber bei der Reaction (1) in erster Linie $Ca(HS)_2$, welches keinen Schwefelkohlenstoff bindet. Deshalb muß angenommen werden, daß die Reactionswärme das anfänglich gebildete Calciumsulfhydrat in $CaS + H_2S$ zerlegt. Hierfür spricht auch, daß mit erhöhter Temperatur bei der Bereitung des CaS auch die Wirksamkeit der Masse wächst. Bei der Absorption ist Kohlensäure fern zu halten, da diese den CS_2 wieder frei macht. Die aus dem Kalkreiniger ausgeleerte Masse besitzt eine hell orangerothe Farbe und einen schwachen Schwefelkohlenstoffgeruch.

---

1) Chem. Ind. 7 (1884) S. 134.

An der Luft, namentlich an feuchter, oxydirt sie sich schnell unter Erwärmung und wird dabei weiß. Destillirt man die Masse mit Wasserdampf, so erhält man ziemlich reinen Schwefelkohlenstoff und zwar beträgt die Ausbeute 1—2% der angewendeten Masse, bei Versuchen im Kleinen sogar 4%. Diese Differenz beruht wohl darauf, daß bei Arbeit im Großen schon das zu reinigende Leuchtgas Wasserdampf in beträchtlichen Mengen enthält. Die Zersetzung des Sulfocarbonats durch Wasserdampf ist übrigens auffällig, denn die Alkalisulfocarbonate zersetzen sich im gleichen Falle wie folgt: $K_2CS_3 + 3H_2O = 3H_2S + K_2CO_3$. Die orangene Farbe der Absorptionsmasse ist noch nicht erklärt.

Zur Reinigung des Schwefelkohlenstoffs sind verschiedene Vorschläge gemacht worden (s. auch dies. Jahrb. XII, S. 331). E. Allary[1]) will den Schwefelkohlenstoff mit einer Schicht Wasser überdecken und der letzteren nach und nach kleine Mengen einer conc. Lösung von übermangansaurem Kalium zusetzen. Nach jedem Zusatz wird tüchtig umgeschüttelt, bis schließlich das Wasser die rothviolette Färbung ohne Veränderung beibehält. Nun wird der CS_2 mit Wasser ausgewaschen, mit Hülfe des Scheidetrichters vom Wasser befreit und filtrirt. E. Obach[2]) zählt zunächst die hauptsächlichen Verunreinigungen von Schwefelkohlenstoff des Handels auf. Es sind dies: Schwefel, schwefelhaltige Oele, Schwefelwasserstoff 2c. Die Wirkungen der vorgeschlagenen Reinigungsmittel sind die folgenden:

$KMnO_4$ vermehrt eher die Verunreinigungen, entfernt aber den H_2S.
$K_2Cr_2O_7$ entfernt H_2S, vermehrt aber den S.
$PbCrO_4$ entfernt den H_2S langsam, aber vollständig.
CaO entfernt H_2S, Oele und S, aber sämmtlich nur unvollständig.
Chlorkalk reinigt fast momentan vollständig, ertheilt aber dem CS_2 seinen Geruch.
Hg entfernt nur den freien S.
$HgCl_2$ entfernt H_2S und Oele unvollständig, S fast gar nicht.
Hg_2SO_4 beseitigt langsam H_2S und Oele, nicht den S.
Hg_2SO_4 + Hg liefert absolut reinen Schwefelkohlenstoff.

1) Bull. Par. 35 (1881) p. 492.
2) J. f. p. Ch. (N. F.) 26 (1882) S. 281.

Die vollständige Reinigung des CS_2 kann also nur mit letzterem Mittel erzielt werden. Der käufliche Schwefelkohlenstoff wird vom Wasser getrennt und filtrirt, alsdann über gebranntem Kalk aus dem Wasserbad bei 60—70° abdestillirt. Es hinterbleiben fast aller freier S und ein Theil der Oele. Das Destillat wird mit circa 5 g grob gepulvertem $KMnO_4$ pro Liter ausgeschüttelt und darüber belassen, bis aller H_2S entfernt ist, alsdann abgegossen und mit einigen Cubikcentimetern Quecksilber kräftig geschüttelt. Die decantirte Flüssigkeit wird pro Liter mit 25 g Hg_2SO_4 versetzt, umgeschüttelt, in eine Kochflasche mit porösem $CaCl_2$ gegossen und unter Ausschluß des hellen Tageslichtes direct in die völlig trockne Vorrathsflasche destillirt. C. H. Friedburg[1]) giebt als bestes Reinigungsmittel rauchende Salpetersäure an; das Destillat soll alsdann den Siedepunkt 47,4° bei 760 mm und die Dichte 1,266 bei 15,2° besitzen. P. Palmieri[2]) endlich empfiehlt die Reinigung mit Kupfervitriol. Der rohe Schwefelkohlenstoff wird vom Wasser befreit und mit 2—3 Theilen entwässertem Kupfervitriol geschüttelt. Wenn der Geruch nach H_2S verschwunden ist und das Schwefelkupfer sich abgesetzt hat, filtrirt man und rectificirt nochmals über Kupfersulfat. Giebt man alsdann noch in die Aufbewahrungsflasche etwas entwässerten trockenen Kupfervitriol, so bleibt der CS_2 dauernd gut.

Festen Schwefelkohlenstoff haben S. v. Wroblewski und K. Olszewski[3]) bei etwa —116° erhalten; derselbe schmilzt wieder bei —110°.

Löslichkeit des Schwefelkohlenstoffs im Wasser &c. Während man lange Zeit den Schwefelkohlenstoff für unlöslich oder kaum löslich im Wasser hielt, fängt man neuerdings an, mehrfache Anwendungen von Schwefelkohlenstofflösungen zu machen. So empfiehlt sie A. Rommier[4]) als Gegenmittel gegen die Reblaus (siehe dieses Jahrb. XII, S. 335), die selbst durch ganz verdünnte Lösungen von CS_2 getödtet wird; sehr verdünnt muß die Lösung allerdings sein, damit die Rebe selbst

1) Chem. N. 47. (1883) p. 52.
2) Chem. Ind. 6 (1883) S. 202.
3) J. f. p. Ch. (N. F.) 28 (1883) S. 57.
4) Compt. rend. 99 (1884) p. 695.

keinen Schaden erleidet. Nach G. Chancel und F. Parmentier [1]) verhält sich die Lösung des CS_2 wie eine Lösung solcher Gase, die keine chemische Einwirkung auf das Wasser ausüben, d. h. der Gehalt der Lösung an CS_2 fällt mit wachsender Temperatur stetig. Trotzdem bildet der CS_2 mit Wasser einige sehr unbeständige Hydrate. Die Größe der Löslichkeit des CS_2 im Wasser bei verschiedenen Temperaturen stellt sich wie folgt:

In 1 Lit. Wasser gelöst	bei Temperatur	nach Autor
2,04 g	0°	Chancel und Parmentier
2,00 =	3,4°	= =
2,00 =	?	Rommier
1,87 =	15°	Chancel und Parmentier
1,81 =	15,8°	Chancel und Parmentier
1,53 =	30,1°	Chancel und Parmentier
0,05 =	41,0°	Dieselben Compt. rend. 99.
0,14 =	49°	Dieselben Compt. rend. 100.

Nach Ekiandi-Bey [2]) ist die Schwefelkohlenstofflösung als Antisepticum vorzüglich verwendbar. Sie hebt Gährungen auf, tödtet die Microben, besitzt ein außerordentliches Durchdringungsvermögen ꝛc. Alkoholische Lösungen zersetzen sich langsam und entwickeln alsdann H_2S. Die physiologischen Wirkungen des Schwefelkohlenstoffs sind oft übertrieben worden. Die Dämpfe bringen nur Schwere des Kopfes auf kurze Dauer hervor. Innerlich erzeugt die wässrige Lösung Wärme und süßen Geschmack im Munde, Wärme im Magen, dann Prickeln in der Nase und endlich kurz dauernde Schwere des Kopfes. (Nach neueren Angaben sollen freilich Schwefelkohlenstoffdämpfe unter Umständen Wahnsinn erzeugen.) Endlich ist Schwefelkohlenstoff eines der kräftigsten Ableitungsmittel und als solches bereits früher gegen die bei der Cholera auftretende Diarrhöe angewendet worden. E. Peligot [3]) giebt die Löslichkeit der CS_2 im Wasser noch höher an, als in obiger Tabelle geschieht. Nach ihm löst ein Liter Wasser von gewöhnlicher Temperatur 3,5 ccm = 4,52 g CS_2. Die Lösung schmeckt erst süß, dann brennend und riecht nach Chloroform. Bier wird

1) Compt. rend. 99 (1884) p. 892; 100 (1885) p. 773.
2) Ebenda 99 (1884) p. 509.
3) Ebenda 99 (1884) p. 587.

durch sie völlig vor dem Schlechtwerden geschützt (dürfte aber wohl darnach schmecken); die Reblaus wird sofort getödtet. A. Livache[1]) schlägt als Antisepticum, zur Insektenvertilgung rc. eine Lösung von CS_2 in mit Petroleum versetzter Seifenlösung vor. Die durchscheinende Emulsion vermag pro 150 g Seife im Liter Wasser mehr als 200 g CS_2 aufzulösen und scheidet auf Zusatz von Wasser keinen Schwefelkohlenstoff aus; man kann also auf diese Weise leicht Lösungen von bekanntem Gehalte herstellen. A. Müller-Jacobs endlich will als Lösungsmittel Alkalisulfoleate verwenden.[2]) Solche wässrige Sulfoleatschwefelkohlenstofflösungen kommen in starker Concentration in New-York als „Polysolve-Präparate" in den Handel. Sie werden z. B. auf von Insekten angegriffene Bäume mit Bürsten aufgetragen und tödten die Insekten sofort, ohne den Bäumen zu schaden. Mischungen aus 1 Thl. Sulfoleat + 1—2 Thl. CS_2 sind völlig klare Flüssigkeiten, die sich auf Zusatz einiger Tropfen Ammoniak in allen Verhältnissen mit Wasser ohne Ausscheidung vermischen lassen. Man kann also mit Hülfe der Sulfoleate beliebig starke Schwefelkohlenstofflösungen für Desinfectionszwecke in haltbarer Form herstellen.

Bei Verdunstung des Schwefelkohlenstoffs im starken Luftstrom entstehen bekanntlich blumenkohlartige feste Massen. Nach Wartha sind dieselben fester wasserfreier CS_2. Dagegen hat Ballo in mehreren Abhandlungen dieselben als Hydrat angesprochen. F. P. Venable[3]) hat gefunden, daß in der That unter Ausschluß jeder Feuchtigkeit die Bildung jenes festen Körpers nicht stattfindet, sondern nur in mit Wasserdampf noch nicht völlig gesättigter Atmosphäre. Eine bestimmte Bildungs- und Zersetzungstemperatur ließ sich nicht beobachten.

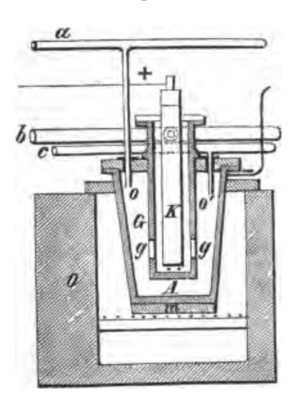
Magnesium.

Gewinnung des Magnesiums. — Nach Marquardt soll bei der Messingfabrikation oft statt Galmei aus Unkenntniß Dolomit ($CaCO_3 + MgCO_3$) verwendet und trotzdem Messing erhalten worden sein, aber ein Messing, welches statt Zink natürlich Magnesium enthielt. Hierdurch sind Viele zu dem Ver-

1) Compt. rend. 97 (1883) p. 249; 99 (1884) p. 697.
2) Dingl. p. J. 255 (1884) S. 391.
3) Berl. Ber. 16 (1883) S. 1493.

suche veranlaßt worden, aus Magnesia durch Reduction mit Kohle im Zinkofen Magnesium darzustellen. J. Walter[1] hat diese Versuche im Perrot'schen Ofen unter günstigen Verhältnissen wiederholt, aber gefunden, daß selbst bei Weißgluth diese Reduction nach der Gleichung $2MgO + C = CO_2 + Mg$ oder $MgO + C = CO + Mg$ nicht gelingt. Trotzdem will E. v. Püttner[2] (D. R.-P. 31319 v. 13. Aug. 84) aus magnesiumhaltigen Substanzen durch Erhitzen mit Eisenoxyd und Kohle oder auch blos mit Kohle, welche ersteren innig beigemischt ist, bei Weißgluth Magnesium reduciren und in Vorlagen überdestilliren lassen. — Neuerdings wird das Magnesium vielfach auf elektrolytischem Wege gewonnen. Insbesondere ist des Patentes von A. und R. Grätzel zu gedenken,[3] nach welchem mit Erfolg bereits praktisch gearbeitet wird. Das Verfahren (D. R.-P. 26962 v. 9. Okt. 83) dient zur elektrolytischen Gewinnung von Magnesium oder Aluminium. Ausgangsmaterial sind die Chloride oder Fluoride; die Zersetzung wird unter Ableitung des Halogens im Strome eines reducirenden Gases bewirkt. Die Schmelzgefäße A (Fig. 37) bestehen aus Metall und zwar für Magnesium aus schmiedbarem Gußstahl. Ihrer mehrere werden in den Ofen O eingesetzt, und zwar stehen sie auf einer in der Mitte des Rostes angebrachten Chamotteplatte m. Sie dienen als negative Elektroden. Nach dem Einsetzen der Tiegel, die etwas über den Ofen hervorragen, wird der Herd durch zweitheilige Chamotteplatten geschlossen und ebenso jeder der 2—5 in einem Ofen stehenden Tiegel. Die positive Elektrode K besteht aus Kohle und befindet sich in einem Isolirmantel G

Fig. 37.



1) Dingl. p. J. 252 (1884) S. 337.
2) Chemiker-Ztg. 9 (1885) S. 871.
3) Dingl. p. J. 253 (1884) S. 34 und Chem. Centralbl. 15 (1884) S. 854.

aus Chamotte mit Oeffnungen g am unteren Ende. Für das an K entwickelte Chlor besitzen sämmtliche Tiegel eines Ofens ein gemeinsames Ableitungsrohr b, während sie sämmtlich durch das gemeinsame Rohr a mit dem Zweigrohre o mit reducirendem Gase versorgt werden, welches durch das Rohr o′ in das gemeinsame Ableitungsrohr c gelangt. Um die elektrische Spannung zu verringern und das Schmelzbad wieder anzureichern, werden ins Innere des Isolirmantels G Stangen aus Magnesia eingestellt, welche durch das an K entwickelte Chlor zu Chlorid umgewandelt werden. Als Elektricitätsquelle dient eine Dynamomaschine. Die ganze Einrichtung hat durchaus nichts neues und originelles, soll sich aber, wie gesagt, vorzüglich bewährt haben.

F. Fischer[1]) wählt ebenfalls die elektrolytische Abscheidung des Magnesiums und geht dabei vom Carnallit aus ($KCl, MgCl_2 + 6H_2O$). Das Doppelsalz wird in einem Tiegel mit besonderer Heizvorrichtung geschmolzen. Der Tiegel ist mit einer Asbestplatte bedeckt, durch welche eine Thonröhre mit seitlichen Löchern geht. In dieser Röhre befindet sich die als positive Elektrode dienende Kohle; durch die Löcher entweicht das Chlor. Als negativer Pol dient ein 5 mm starker Eisendraht, dessen unteres Ende die Kohle ringförmig umgiebt. Der Hohlraum des Tiegels wird mit reducirendem oder indifferentem Gase angefüllt.

Eigenschaften und Verwendung des Mg. — Ueber das Atomgewicht des Magnesiums hat Marignac[2]) ausführliche Mittheilungen veröffentlicht. Die Erden des Cerits und Gadolinits sind im Wesentlichen nur physikalisch verschieden; chemisch ist nur das Moleculargewicht als Unterscheidungsmerkmal zu nennen. Man kann diese Erden nur in der Weise neben einander erkennen, daß man durch allmähliche Ausfällung die relativen Mengen in der Mischung erheblich ändert. Es liegt nun die Befürchtung nahe, daß auch unter anderen wohl bekannten Oxyden ähnliche Verhältnisse vorliegen können, daß also z. B. die Oxyde des Wismuths, Mangans, Zinks, Magnesiums ꝛc. in Wahrheit nur Gemenge von einzig durch das Moleculargewicht unterschiedenen Oxyden sind. In diesem Falle müßte man durch

---

1) Dingl. p. J. 256. (1885) S. 29.
2) Ann. Chim. Phys. [6] 1. ((1884) p. 289. 321.

keinen Schaden erleidet. Nach G. Chancel und F. Parmentier[1]) verhält sich die Lösung des CS_2 wie eine Lösung solcher Gase, die keine chemische Einwirkung auf das Wasser ausüben, d. h. der Gehalt der Lösung an CS_2 fällt mit wachsender Temperatur stetig. Trotzdem bildet der CS_2 mit Wasser einige sehr unbeständige Hydrate. Die Größe der Löslichkeit des CS_2 im Wasser bei verschiedenen Temperaturen stellt sich wie folgt:

In 1 Lit. Wasser gelöst	bei Temperatur	nach Autor
2,04 g	0°	Chancel und Parmentier
2,00 „	3,4°	„ „
2,00 „	?	Rommier
1,87 „	15°	Chancel und Parmentier
1,81 „	15,8°	Chancel und Parmentier
1,53 „	30,1°	Chancel und Parmentier
0,05 „	41,0°	Dieselben Compt. rend. 99.
0,14 „	49°	Dieselben Compt. rend. 100.

Nach Ekiandi-Bey[2]) ist die Schwefelkohlenstofflösung als Antisepticum vorzüglich verwendbar. Sie hebt Gährungen auf, tödtet die Microben, besitzt ein außerordentliches Durchdringungsvermögen ꝛc. Alkoholische Lösungen zersetzen sich langsam und entwickeln alsdann H_2S. Die physiologischen Wirkungen des Schwefelkohlenstoffs sind oft übertrieben worden. Die Dämpfe bringen nur Schwere des Kopfes auf kurze Dauer hervor. Innerlich erzeugt die wässrige Lösung Wärme und süßen Geschmack im Munde, Wärme im Magen, dann Prickeln in der Nase und endlich kurz dauernde Schwere des Kopfes. (Nach neueren Angaben sollen freilich Schwefelkohlenstoffdämpfe unter Umständen Wahnsinn erzeugen.) Endlich ist Schwefelkohlenstoff eines der kräftigsten Ableitungsmittel und als solches bereits früher gegen die bei der Cholera auftretende Diarrhöe angewendet worden. E. Peligot[3]) giebt die Löslichkeit der CS_2 im Wasser noch höher an, als in obiger Tabelle geschieht. Nach ihm löst ein Liter Wasser von gewöhnlicher Temperatur 3,5 ccm = 4,52 g CS_2. Die Lösung schmeckt erst süß, dann brennend und riecht nach Chloroform. Bier wird

1) Compt. rend. 99 (1884) p. 892; 100 (1885) p. 773.
2) Ebenda 99 (1884) p. 509.
3) Ebenda 99 (1884) p. 587.

durch sie völlig vor dem Schlechtwerden geschützt (dürfte aber wohl darnach schmecken); die Reblaus wird sofort getödtet. A. Livache[1]) schlägt als Antisepticum, zur Insektenvertilgung ꝛc. eine Lösung von CS_2 in mit Petroleum versetzter Seifenlösung vor. Die durchscheinende Emulsion vermag pro 150 g Seife im Liter Wasser mehr als 200 g CS_2 aufzulösen und scheidet auf Zusatz von Wasser keinen Schwefelkohlenstoff aus; man kann also auf diese Weise leicht Lösungen von bekanntem Gehalte herstellen. A. Müller-Jacobs endlich will als Lösungsmittel Alkalisulfoleate verwenden.[2]) Solche wässrige Sulfoleatschwefelkohlenstofflösungen kommen in starker Concentration in New-York als „Polysolve-Präparate" in den Handel. Sie werden z. B. auf von Insekten angegriffene Bäume mit Bürsten aufgetragen und tödten die Insekten sofort, ohne den Bäumen zu schaden. Mischungen aus 1 Thl. Sulfoleat + 1—2 Thl. CS_2 sind völlig klare Flüssigkeiten, die sich auf Zusatz einiger Tropfen Ammoniak in allen Verhältnissen mit Wasser ohne Ausscheidung vermischen lassen. Man kann also mit Hülfe der Sulfoleate beliebig starke Schwefelkohlenstofflösungen für Desinfectionszwecke in haltbarer Form herstellen.

Bei Verdunstung des Schwefelkohlenstoffs im starken Luftstrom entstehen bekanntlich blumenkohlartige feste Massen. Nach Wartha sind dieselben fester wasserfreier CS_2. Dagegen hat Ballo in mehreren Abhandlungen dieselben als Hydrat angesprochen. F. P. Venable[3]) hat gefunden, daß in der That unter Ausschluß jeder Feuchtigkeit die Bildung jenes festen Körpers nicht stattfindet, sondern nur in mit Wasserdampf noch nicht völlig gesättigter Atmosphäre. Eine bestimmte Bildungs- und Zersetzungstemperatur ließ sich nicht beobachten.

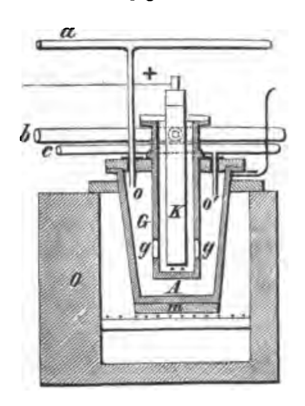
Magnesium.

Gewinnung des Magnesiums. — Nach Marquardt soll bei der Messingfabrikation oft statt Galmei aus Unkenntniß Dolomit ($CaCO_3 + MgCO_3$) verwendet und trotzdem Messing erhalten worden sein, aber ein Messing, welches statt Zink natürlich Magnesium enthielt. Hierdurch sind Viele zu dem Ver-

1) Compt. rend. 97 (1883) p. 249; 99 (1884) p. 697.
2) Dingl. p. J. 255 (1884) S. 391.
3) Berl. Ber. 16 (1883) S. 1493.

suche veranlaßt worden, aus Magnesia durch Reduction mit Kohle im Zinkofen Magnesium darzustellen. J. Walter[1] hat diese Versuche im Perrot'schen Ofen unter günstigen Verhältnissen wiederholt, aber gefunden, daß selbst bei Weißgluth diese Reduction nach der Gleichung $2MgO + C = CO_2 + Mg$ oder $MgO + C = CO + Mg$ nicht gelingt. Trotzdem will E. v. Püttner[2] (D. R.-P. 31319 v. 13. Aug. 84) aus magnesiumhaltigen Substanzen durch Erhitzen mit Eisenoxyd und Kohle oder auch blos mit Kohle, welche ersteren innig beigemischt ist, bei Weißgluth Magnesium reduciren und in Vorlagen überdestilliren lassen. — Neuerdings wird das Magnesium vielfach auf elektrolytischem Wege gewonnen. Insbesondere ist des Patentes von A. und R. Grätzel zu gedenken,[3] nach welchem mit Erfolg bereits praktisch gearbeitet wird. Das Verfahren (D. R.-P. 26962 v. 9. Okt. 83) dient zur elektrolytischen Gewinnung von Magnesium oder Aluminium. Ausgangsmaterial sind die Chloride oder Fluoride; die Zersetzung wird unter Ableitung des Halogens im Strome eines reducirenden Gases bewirkt. Die Schmelzgefäße A (Fig. 37) bestehen aus Metall und zwar für Magnesium aus schmiedbarem Gußstahl. Ihrer mehrere werden in den Ofen O eingesetzt, und zwar stehen sie auf einer in der Mitte des Rostes angebrachten Chamotteplatte m. Sie dienen als negative Elektroden. Nach dem Einsetzen der Tiegel, die etwas über den Ofen hervorragen, wird der Herd durch zweitheilige Chamotteplatten geschlossen und ebenso jeder der 2—5 in einem Ofen stehenden Tiegel. Die positive Elektrode K besteht aus Kohle und befindet sich in einem Isolirmantel G

Fig. 37.



1) Dingl. p. J. 252 (1884) S. 337.
2) Chemiker-Ztg. 9 (1885) S. 871.
3) Dingl. p. J. 253 (1884) S. 34 und Chem. Centralbl. 15 (1884) S. 854.

aus Chamotte mit Oeffnungen g am unteren Ende. Für das an K entwickelte Chlor besitzen sämmtliche Tiegel eines Ofens ein gemeinsames Ableitungsrohr b, während sie sämmtlich durch das gemeinsame Rohr a mit dem Zweigrohre o mit reducirendem Gase versorgt werden, welches durch das Rohr o′ in das gemeinsame Ableitungsrohr c gelangt. Um die elektrische Spannung zu verringern und das Schmelzbad wieder anzureichern, werden ins Innere des Isolirmantels G Stangen aus Magnesia eingestellt, welche durch das an K entwickelte Chlor zu Chlorid umgewandelt werden. Als Elektricitätsquelle dient eine Dynamomaschine. Die ganze Einrichtung hat durchaus nichts neues und originelles, soll sich aber, wie gesagt, vorzüglich bewährt haben.

F. Fischer[1]) wählt ebenfalls die elektrolytische Abscheidung des Magnesiums und geht dabei vom Carnallit aus ($KCl, MgCl_2 + 6H_2O$). Das Doppelsalz wird in einem Tiegel mit besonderer Heizvorrichtung geschmolzen. Der Tiegel ist mit einer Asbestplatte bedeckt, durch welche eine Thonröhre mit seitlichen Löchern geht. In dieser Röhre befindet sich die als positive Elektrode dienende Kohle; durch die Löcher entweicht das Chlor. Als negativer Pol dient ein 5 mm starker Eisendraht, dessen unteres Ende die Kohle ringförmig umgiebt. Der Hohlraum des Tiegels wird mit reducirendem oder indifferentem Gase angefüllt.

Eigenschaften und Verwendung des Mg. — Ueber das Atomgewicht des Magnesiums hat Marignac[2]) ausführliche Mittheilungen veröffentlicht. Die Erden des Cerits und Gadolinits sind im Wesentlichen nur physikalisch verschieden; chemisch ist nur das Moleculargewicht als Unterscheidungsmerkmal zu nennen. Man kann diese Erden nur in der Weise neben einander erkennen, daß man durch allmähliche Ausfällung die relativen Mengen in der Mischung erheblich ändert. Es liegt nun die Befürchtung nahe, daß auch unter anderen wohl bekannten Oxyden ähnliche Verhältnisse vorliegen können, daß also z. B. die Oxyde des Wismuths, Mangans, Zinks, Magnesiums ꝛc. in Wahrheit nur Gemenge von einzig durch das Moleculargewicht unterschiedenen Oxyden sind. In diesem Falle müßte man durch

1) Dingl. p. J. 256. (1885) S. 29.
2) Ann. Chim. Phys. [6] 1. ((1884) p. 289. 321.

successive Fällung der Oxydhydrate eine fortschreitende Aenderung des Moleculargewichts erhalten. Marignac hat nun unter Anderem mit der Magnesia solche Versuche angestellt. Dabei ergab sich denn niemals eine Moleculargewichtsänderung der Magnesia aus verschiedenen Fällungen und somit konnte die Magnesia als einheitlich zusammengesetztes Oxyd der Atomgewichtsbestimmung des Magnesiums zu Grunde gelegt werden. Eine solche Neubestimmung schien angezeigt, denn die bisher angewendeten Methoden waren nicht ohne Fehlerquellen. Im Allgemeinen hatte man das Atomgewicht des Magnesiums bisher abgeleitet aus dem Sulfat (durch Bestimmung der H_2SO_4, oder Synthese oder Zersetzung des Sulfats in der Hitze), aus dem Oxalat (durch Zersetzen in der Hitze), aus dem Chlorid (durch Chlorbestimmung) und aus dem Carbonat (durch Zersetzen in der Hitze). Von den angeführten Methoden dürfte die der Synthese oder Zersetzung des Sulfats die genaueste sein. Von dieser machte denn auch Marignac Gebrauch. Er stellte zunächst durch Calcination von Sulfat oder Carbonat in der höchsten Hitze sich MgO her. Die so erhaltene Magnesia wurde mit nicht siedender Schwefelsäure aufgelöst; die Lösung war alsdann zur Trockne zu dampfen und mit höchster Vorsicht durch Erhitzen bis zur Rothgluth die überschüssige Schwefelsäure bis zu constantem Gewichte des Rückstands auszutreiben. Jetzt wurde das Sulfat gewogen und dann bei sehr vorsichtiger Steigerung der Hitze wieder zersetzt. Für $O = 16$ ergab sich als Mittel aus 10 Synthesen des Sulfats $Mg = 24{,}38$, als Mittel aus 12 Sulfatzersetzungen dagegen 24,37; mithin als Gesammtmittel $Mg = 24{,}375$ oder für $O = 15{,}96$, das Atomgewicht des Magnesiums zu 24,314.

Daß Magnesium ein vorzügliches **Reductionsmittel** ist, ist bekannt. Interessant ist aber, daß es Kohlensäure wie Kalium reducirt.[1]) Taucht man nämlich ein Stück brennendes Magnesiumband in eine mit trockner Kohlensäure gefüllte Flasche, so brennt dasselbe fort, indem es den Sauerstoff der Kohlensäure bindet; der ausgeschiedene Kohlenstoff mischt sich als Ruß der gebildeten Magnesia bei. Bekanntlich reducirt ferner das Magnesium den H des Wassers bei genügender Erwärmung des letz-

1) Chem. Ztg. 5 (1881) S. 7.

teren, während in der Kälte keine Einwirkung stattfindet. M. Ballo[1]) weist nun darauf hin, daß Wasserzersetzung in der Kälte durch Magnesium sofort stattfindet, sobald man etwas Platinchlorid zusetzt. Darnach dürfte platinirtes Magnesium ein noch besseres Reductionsmittel sein, als das einfache Metall an sich schon ist. — Von sonstigen Verwendungen des Magnesiums sind nach F. Fischer (s. S. 335) insbesondere zwei zu nennen: zu Beleuchtungszwecken und zu Legirungen. Zu Legirungen eignet sich Mg ebenso wie Zink; doch dürften die Legirungen minder widerstandsfähig und wesentlich theurer sein. Zu Beleuchtungszwecken empfiehlt sich das Magnesium durch sein intensives Licht; 79 bis 80 g Mg sind bei ihrer Verbrennung gleichwerthig mit der Lichtentwicklung von 10 kg Stearinkerzen; 1 kg Mg entwickeltbei seiner Verbrennung so viel Licht, wie 50 cbm Leuchtgas mit kleinen Siemensbrennern. Trotzdem ist Magnesium viel theurer, denn 50 cbm Leuchtgas kosten etwa 8 M., wofür man noch lange nicht 1 kg Magnesium hat. Auch verlöscht angebranntes Magnesium leicht, daher seine Verwendung zu Beleuchtungszwecken immerhin beschränkt bleiben wird. Von einer Darstellung des Mg im Großen räth Fischer entschieden ab. Von andrer Seite wird wieder hervorgehoben, daß, seit Grätzel's Darstellung eingeführt ist, Magnesium so viel billiger hergestellt werden könne, daß einer allgemeineren Anwendung nichts im Wege stehe. Die chemische Fabrik auf Actien, vormals E. Schering[2]) empfiehlt besonders Magnesiumpulver zur Benutzung in der Kunstfeuerwerkerei. Als Satz für weißes Licht wird angegeben: 1 Thl. Schellack, 6 Thl. Barytumnitrat, und 2,5 Thl. Magnesium; als Satz für rothes Licht: 1 Thl. Schellack, 5 Thl. Strontiumnitrat und 2,5 Thl. Magnesium. Schellack und Nitrat müssen zuerst zusammengeschmolzen und dann höchst fein gemahlen werden. Der Lichteffekt dieser Buntfeuer soll ein ganz außerordentlicher sein.

Magnesiumoxyde. — G. Gore[3]) berichtet von einem Suboxyde des Magnesiums. Bereits Beetz fand, daß bei der Elektrolyse von Kochsalz mit Magnesiumelektroden am

1) Berl. Ber. 16 (1883) S. 694.
2) Chemik. Ztg. 9 (1885) S. 816.
3) Chem. N. 50 (1884) p. 157.

positiven Pole sich eine große Masse einer schwarzen Substanz ansetzte. Gore hat dieselbe noch auf andere Weise erhalten; so z. B. wenn er Magnesium mit Platin berührte und dieses Paar in eine Lösung von Eisessig in absolutem Alkohol tauchte, oder auch, wenn er Magnesium allein in diese Mischung brachte. Es bildete sich dabei eine schwarze Kruste, welche nach dem Herausnehmen sehr bald weiß wurde. Die gleiche Umwandlung fand beim Erhitzen bis zur Rothgluth statt. In verdünnter Salz- oder Schwefelsäure löste sich die schwarze Masse unter Aufschäumen. Ob man es hier wirklich mit einem Suboxyd zu thun hat, ist allerdings noch nicht völlig sicher entschieden. Ebenso sind die Untersuchungen von R. Haaß über das Magnesiumsuperoxyd noch nicht abgeschlossen (siehe Zink).

Eine neuerdings wichtig gewordene Darstellung der Magnesia ist die aus Staßfurter Abfalllaugen.[1]) Diese Abfalllaugen bilden die Endlaugen der Chlorkaliumfabrikation und enthalten vorherrschend Chlormagnesium. Letzteres wird nur zum kleinsten Theile daraus gewonnen und muß alsdann eisenfrei sein. Zu diesem Zwecke behandelt man die Lauge mit Chlorkalk, um alles Oxydul in Oxyd zu verwandeln, und fällt alsdann das Eisenoxyd mit Kreide aus, worauf die eisenfreie Lauge auf Chlormagnesium eingedampft wird. Weitaus der größte Theil der Magnesiumchloridlauge wurde aber bisher in die Flüsse gelassen. In Staßfurt und Leopoldshall wurden täglich etwa 12300 Centner Chlormagnesium (wasserfrei gedacht) producirt und gelangten zum großen Theil in die Flüsse, denn der kleine Theil eisenfreies Chlormagnesium, der abgeht, ist nicht zu rechnen. Seit dem Bekanntwerden des Entphosphorungsverfahrens für Eisen von Gilchrist-Thomas gewann nun aber die Magnesia einen hohen Werth; man konnte jetzt also hoffen, jene Chlormagnesiumlaugen durch Ausfällen der Magnesia nutzbar zu machen. Dabei war offenbar vor Allem auch darauf Rücksicht zu nehmen, daß die Verunreinigung der Flüsse gleichzeitig herabgemindert werde. Das vielfach zur Magnesiagewinnung verwendete Patent von Closson entspricht dieser Anforderung keineswegs. Darnach sollen Magnesiumchloridlaugen mit gebranntem Dolomit versetzt werden, wobei

1) Chemiker-Ztg. 5 (1881) S. 541. 726.

sich Magnesia abscheidet und Chlorcalcium in Lösung geht: $MgCl_2 + MgCaO_2 + 2H_2O = MgCl_2 + Mg(OH)_2 + Ca(OH)_2$; $MgCl_2 + Ca(OH)_2 = CaCl_2 + Mg(OH)_2$. Die hierbei also resultirende Chlorcalciumlauge gelangt nun in die Flüsse, und da sich verhält $MgCl_2 : CaCl_2 = 94,8 : 110,8$, so ist die Verunreinigung des Wassers von weniger als 12300 Ctr. pro Tag auf 14400 Ctr. feste Substanz gestiegen. Außerdem wird die mit Dolomit gefällte Magnesia wenigstens in Staßfurt nicht eben billig sein, denn Dolomit müßte erst aus großer Entfernung dorthin geschafft werden. Unzweifelhaft das Einfachste und Richtigste würde die Verwendung von gebranntem Kalk als Fällungsmittel sein. Trotzdem wurde wenigstens früher vielfach nach dem Closson'schen Verfahren gearbeitet; so z. B. nach E. Vorbach[1]) in Hörde, wo man die Böden von Brennöfen aus Magnesiaziegeln herstellte. Gegenwärtig wendet man dort ein anderes Verfahren an; man geht nämlich direct vom Dolomit aus, brennt und zerkleinert ihn und rührt ihn unter Kohlensäurezuleitung mit Chlorcalciumlösung zu einem dünnen Brei an. Diesen filtrit man und setzt zum Filtrate unter Dampfeinblasen so lange Dolomit, bis alle Magnesia ausgefällt ist. Der einzige Unterschied dieses Verfahrens gegenüber dem früheren liegt also darin, daß man nicht mehr von den Staßfurter Laugen ausgeht. Dagegen bilden dieselben den Ausgangspunkt für einige andere Verfahren. So will A. Wünsche[2]) Salmiak und Ammoniak zusetzen und dann Kohlensäure einleiten, worauf sich Ammoniummagnesiumcarbonat abscheidet. Der Niederschlag wird abfiltrirt, gereinigt und mit Magnesia versetzt, nöthigenfalls unter Erhitzen. Bereits in der Kälte entweicht Ammoniak, welches man in neue Lauge leitet, ebenso wie die CO_2, die man beim Brennen der kohlensauren Magnesia erhält. (D. R.-P. 18722 v. 29. Juli 81). Die Reaction verläuft nach der Gleichung $Mg(NH_4)_2(CO_3)_2 + MgO = 2MgCO_3 + 2NH_3 + H_2O$. Ferner wollen Ramdohr, Blumenthal u. Co. (D. R.-P. 19259 v. 6. Sept. 81)[3]) die gereinigte Chlormagnesiumlauge bis auf 40—50° B eindampfen, mit 4—10% Magnesit versetzen und das fast trockne Gemisch unter Ueberleiten von Luft

1) Chemiker-Ztg. 7 (1883) S. 174.
2) Chem. Ind. 5 (1882) S. 229.
3) Dingl. p. J. 246 (1882) S. 347.

auf Rothgluth erhitzen, bis die Salzsäurentwicklung aufhört. Zurück bleibt ein Gemisch aus Magnesia und Chlormagnesium oder Magnesiumoxychlorid, welches beim Behandeln mit Wasser Magnesia hinterläßt. Endlich M. Sprenger[1]) (Engl. P. 728 v. 19. Febr. 81) geht nicht von der Lauge, sondern von den festen Magnesium haltigen Mineralien Staßfurts aus, die er mit so viel Kochsalz oder Chlorkalium versetzen will, daß auf 1 Mol. $MgSO_4$ stets 2 Mol. NaCl oder KCl kommen. Die Masse wird unter Ueberleiten von Dampf erhitzt; es entweicht HCl und hinterbleibt Alkalisulfat und Magnesia. Die Methode erinnert an das bekannte Verfahren von R. de Luna; doch benutzt letzterer auf 1 Mol. $MgSO_4$ nur 1 Mol. NaCl.

Aus anderen Rohmaterialien wird die Magnesia nach folgenden Methoden dargestellt. Wenigstens auf die Staßfurter Laugen verwendbar sind die Methoden von Schlösing und von Hahn; vom Sulfat aus geht das Verfahren von Cobley und zu einer reinen Magnesia sucht endlich Twynam vom Dolomit aus zu gelangen. Nach Th. Schlösing[2]) (D. R.-P. 18976 v. 24. Aug. 81) wird die Lösung des Magnesiumsalzes, wenn nöthig, erst durch Kalksalz von der Schwefelsäure befreit; alsdann läßt man das Filtrat durch eine Reihe von Trögen circuliren, welche gelöschten Kalk in Form von kleinen Stücken enthalten. Solche Stücke erhält man beim vorherigen Behandeln von Kalkhydrat mit Magnesiumsalzlösung oder noch besser durch Ablöschen eines Gemisches aus gebranntem Dolomit und Kalk. Auf diese Weise erhält man die Magnesia nicht gallertartig, sondern in dichten Stücken. C. Hahn[3]) will Laugen verarbeiten, welche die Chloride von Calcium und Magnesium enthalten. Eine solche gesättigte Lauge scheidet über 11° mehr $CaCl_2$ als $MgCl_2$ aus. Wird die Mutterlauge dann unter 11° gekühlt, so beginnt die Ausscheidung des Chlormagnesiums. Durch mehrfache Wiederholung dieser Operation gewinnt man endlich hochgradige Magnesiumchloridlaugen. Diese dampft man im Pfannenofen ein und glüht den trocknen Rückstand im Strome von Wasserdampf. Es resultirt eine allerdings noch chlorhaltige

1) Chem. Ind. 5 (1882) S. 151.
2) Chemiker-Ztg. 6 (1882) S. 991.
3) Chem. Ind. 5 (1882) S. 112.

Magnesia. Th. H. Cobley[1]) (D. R.-P. 21587 v. 14. Juni 82) geht von Bittersalzlösungen aus und will dieselben durch Chlorcalciumzusatz in Chlormagnesiumlösung unter Gypsabscheidung umwandeln. Hierauf setzt man zur Lösung 10% Chloraluminium und fällt durch Kalkhydrat eine durch Thonerde verunreinigte Magnesia, die als Farbe dienen soll. Auch ein Gemisch der beiden Sulfate kann man verwenden, wobei der entstehenden Farbe noch Gips beigemischt sein wird. Th. Twynam[2]) endlich (Engl. P. 1019 v. 9. März 80; 4397 v. 10. Oct. 81) stellt kalkfreie Magnesia dar, indem er kieselsäurearmen und magnesiareichen Dolomit brennt, vermahlt und mit einer Chlorcalciumlösung verrührt. Nach längerem Stehen wird die Masse durch Dampfröhren zum Sieden erhitzt. Der Kalk schlägt die Magnesia nieder. Man filtrirt und wäscht aus; aus dem Filtrate scheiden sich beim Erkalten Krystalle von Calciumoxychlorid aus, die durch kaltes Wasser in $Ca(OH)_2 + CaCl_2$ zerlegt werden. Weiter soll Magnesia erhalten werden, indem man die Manganchlorürlauge des Weldon-Processes nicht durch Kalk, sondern durch gebrannten Dolomit zersetzt und die entstehende Chlormagnesiumlösung mit Kalk fällt. Auch direct aus Dolomit soll Magnesia gewonnen werden, insofern roher Holzessig aus Dolomit nur den Kalk lösen soll, während Magnesia zurückbleibt; die entstehende Calciumacetatlösung soll alsdann durch $MgSO_4$ gefällt und aus dem Filtrat, welches Magnesiumacetat enthält, durch Kalk oder gebrannten Dolomit die Magnesia gewonnen werden.

Halogenverbindungen des Magnesiums. — Ein Magnesiumoxychlorid von der Zusammensetzung $Mg\genfrac{}{}{0pt}{}{OH}{Cl} + 15H_2O$ erhält man nach G. André[3]) in mikroskopischen Nädelchen, wenn man zur siedenden Lösung von 400 g Magnesiumchlorid in 500 g Wasser 20 g Magnesia hinzusetzt. Die Verbindung ist luftbeständig; im Vacuum verliert sie Wasser; von Wasser und Alkohol wird sie zersetzt. — Chlormagnesium stellt man nach A. Lanquetin[4]) dar, indem man Mag-

1) Dingl. p. J. 248 (1883) S. 260.
2) Chemiker-Ztg. 5 (1881) S. 93; Biedermann's Jahrb. 5 (1884) S. 107.
3) J. f. p. Ch. (N. F.) 30 (1884) S. 129.
4) Dingl. p. J. 247 (1883) S. 144.

nesia oder gebrannten Dolomit in eine Chlorcalciumlösung einträgt und Kohlensäure zuleitet. Es scheidet sich $CaCO_3$ ab, während $MgCl_2$ in Lösung bleibt (D. R.-P. 20396 v. 9. Sept. 81). Das ist nichts weiter, als der zweite Theil des Schaffner-Helbig'schen Processes: $MgO + CaCl_2 + CO_2 = CaCO_3 + MgCl_2$. Siehe auch S. 339: Verfahren in Hörde nach Vorbach. — Endlich hat sich O. Lerch[1]) mit der Darstellung und dem Studium von Brom- und Jodmagnesium beschäftigt, Verbindungen, welche bisher noch nicht näher untersucht worden sind. Er hat beide Körper durch directes Einwirken der Elemente auf einander gewonnen. Für Brommagnesium bringt man in eine sehr schwer schmelzbare, vertical gestellte, unten zugeschmolzene Glasröhre erbsengroße Stücke von Magnesium und erhitzt dieselben im Gebläse. Bis nahe an die erhitzte Stelle führt man alsdann ein enges schwer schmelzbares Glasrohr ein, durch welches Bromdämpfe zugeführt werden. Die Temperatur erhöht sich von selbst bis zur Weißgluth und die Vereinigung beider Elemente vollzieht sich unter prachtvoller Flammenerscheinung. Sie erstreckt sich auf das gesammte Magnesium, weil dieses schmilzt und als specifisch leichterer Körper auf dem Brommagnesium schwimmt. Zur Darstellung des Jodmagnesiums bedient man sich desselben Apparates; nur wird das Jod einfach in die Röhre eingeworfen und außerdem muß die Röhre am oberen Ende durch einen kleinen Glasstopfen verschlossen werden, um den Zutritt von Luft möglichst zu verhindern. Die Analyse der gebildeten Verbindungen ergab den Formeln $MgBr_2$ und MgJ_2 entsprechende Werthe. Das Brommagnesium ist eine auf dem Bruche blättrigkrystallinische, wachsglänzende, weiße Masse, bei höherer Temperatur als $MgCl_2$ zu einer klaren Flüssigkeit schmelzend, welche durch den O der Luft unter Gelbfärbung in $MgO + Br_2$ zersetzt wird und noch hygroskopischer ist, als $MgCl_2$. In Wasser löst sich $MgBr_2$ unter Zischen und starker Erwärmung auf und scheidet sich aus der Lösung, falls dieselbe sehr concentrirt war, in wasserhaltigen Kryställchen theilweise wieder aus. Das Jodmagnesium ist außerordentlich ähnlich in seinen Eigenschaften, nur noch schwerer schmelzbar und noch leichter zersetzlich. Beide Verbindungen bilden Hydrate und zwar von der

1) J. f. p. Ch. (N. F.) 28 (1883) S. 338.

Zusammensetzung $MgBr_2 + 6H_2O$ und $MgJ_2 + 8H_2O$. Beide Halogenderivate des Magnesiums sind zur Doppelsalzbildung mit Alkalihalogenverbindungen geneigt. Interessant ist das dem Carnallit analog zusammengesetzte Kaliummagnesiumbromid $KBr, MgBr_2 + 6H_2O$, insofern es wahrscheinlich der Träger des Broms in den Staßfurter Abraumsalzen ist. Zu bemerken ist, daß die sämmtlichen Doppelsalze nur dann rein erhalten werden, wenn bei der Darstellung das Magnesiumsalz vorwaltet.

Magnesiumcarbonat. — Das basische Magnesiumcarbonat des Handels, die **Magnesia alba**, wird gewöhnlich so dargestellt, daß man Magnesit oder Dolomit unter Wasser mit Kohlensäure behandelt und so doppelt kohlensaures Salz gelöst erhält, welches man dann in geeigneter Weise in das basische einfach kohlensaure Salz umwandelt. Gutzkow[1]) will dagegen (Am. P. 235231) die Chlormagnesiumlaugen der Seesalzwerke verwenden und dieselben mit so viel Kalkmilch versetzen, daß noch etwas Chlormagnesium in Lösung bleibt. Das Magnesiumhydroxyd fällt kalkfrei und ziemlich dicht aus, daher man es bequem mit geringen Mengen Wasser auswaschen kann. Hierauf erwärmt man es auf 40° und leitet kohlensäurehaltige Gase (Feuerungsgase) darüber, wodurch das basische Carbonat entsteht. Die Methode dürfte höchstens localen Werth haben. — H. Beckurts[2]) macht Angaben über die Zusammensetzungen des Magnesiumcarbonats. Erhitzt man eine Bicarbonatlösung bis etwa 70°, so scheidet sich $MgCO_3 + 3H_2O$ aus; erhitzt man aber sogleich zum Sieden, so fällt **Magnesia alba** nieder, von derselben Zusammensetzung, wie die nach dem oben angeführten Pattinson'schen Verfahren aus Dolomit gewonnene, nämlich von der Formel $5MgCO_3 + 2Mg(OH)_2 + 7H_2O$. — Sehr umfängliche Studien über die Zusammensetzung der Magnesiumcarbonate, insbesondere im Hinblick auf ihren Wassergehalt und ihre Löslichkeit hat R. Engel[3]) angestellt. Der Niederschlag, den Alkalicarbonatlösung in Magnesiumsalzlösungen erzeugt, ist zuerst amorph; nach längerem Stehen wird er aber krystallinisch und zwar bilden sich bis 16° tafelförmige Kryställchen der Zusammensetzung $MgCO_3 + 5H_2O$, über 22° Nädelchen

1) Chemiker-Ztg. 5 (1881) S. 437.
2) Ebenda S. 585.
3) Compt. rend. 100 (1885) p. 911.

des Carbonats $MgCO_3 + 3H_2O$ und zwischen 16 und 22° Gemische beider Salze. Wird die Fällung mit höchst concentrirter Lösung des Alkalicarbonats ausgeführt, so entsteht zuerst der Niederschlag $MgCO_3 + 2H_2O$, der sich, selbst wenn er von der Mutterlauge befreit wird, doch bald in die krystallinische Modification umändert. Dieses Carbonat wird aber durch Wasser zersetzt und das erklärt die Bildung eines basischen Carbonats bei der Fällung der Magnesiasalze mit kohlensauren Alkalien. Der amorphe Niederschlag $MgCO_3 + 2H_2O$ wird nämlich durch Wasser in der Kälte umgewandelt in $4MgCO_3, Mg(OH)_2 + 10H_2O$ und $Mg(HCO_3)_2$, welch letzteres sich auflöst. Diese Umsetzung verläuft nach der Gleichung: $6MgCO_3 + 12H_2O = [4MgCO_3, Mg(OH)_2 + 10H_2O] + Mg(HCO_3)_2$. Die Bildung des basischen Carbonats hat ihre Grenze, weil das saure Carbonat das Bestreben hat, das basische zu neutralisiren; es wird also sich für jede Temperatur ein Gleichgewichtszustand herstellen, mit dem die Reaction ihr Ende erreicht hat.

Zink.

Darstellung des Zinks. — Es soll diesmal nur auf die Gewinnung des Zinks aus Rückständen, Kiesabbränden &c. und auf seine elektrolytische Abscheidung Rücksicht genommen werden.

Gewinnung des Zinks aus Abfällen. Die Actiengesellschaft für Bergbau „Vieille-Montagne" in Angleur bei Lüttich [1]) (D. R.-P. 14618) bringt die zinkischen Abfälle, Galmeischlämme, Waschrückstände &c. auf Horden in die Bleikammer der Schwefelsäurefabrik. Die hier sich bildende Schwefelsäure wirkt in statu nascendi auf das Zink ein, indem sie es in Sulfat verwandelt. Nach genügender Einwirkung werden die Horden herausgenommen und die zinksulfathaltenden Massen systematisch mit Wasser ausgelaugt. Die entstehende Zinksulfatlösung fließt durch frische Rückstände, um die noch frei vorhandene Schwefelsäure zur Extraction von Zink zu verwenden. — Ueber die Gewinnung des Zinks aus Kiesabbränden berichtet J. Creutz [2]) ausführlich. Das älteste Ver-

1) Chemiker-Ztg. 5 (1881) S. 625
2) Chem. Ind. 6 (1883) S. 258.

fahren hierzu wurde 1874 von P. W. Hofmann angegeben. Die Abbrände erhalten durch Oxydation von ZnS bereits einen Betrag an $ZnSO_4$. Dieselben werden mit Wasser ausgelaugt; die eisenhaltige Lauge wird mit der der Schwefelsäure des Zinkvitriols äquivalenten Menge Kochsalz versetzt und concentrirt. Es scheidet sich Glaubersalz in solchen Mengen aus, daß seine Gewinnung allein die Kosten der Arbeit decken soll. Bei einer Concentration von 50° B bleibt nur noch das durch Umsetzung entstandene Zinkchlorid in Lösung, welches man durch Abdampfen erhält. Das Zinkchlorid aber ist ein vorzügliches Imprägnirungsmittel für Holz. Der Mangel des Verfahrens ist der, daß die Abscheidung der Alkalisalze keineswegs, wie vom Erfinder behauptet wird, eine vollständige ist, vielmehr das Endprodukt noch deren enthält und hierdurch minderwerthig wird. Ein zweites Verfahren rührt aus dem Jahre 1877 von R. de la Souchère her und hat im Allgemeinen günstigere Erfolge zu verzeichnen. Man läßt die Kiesabbrände verwittern, um Oxydation der Eisen-, Mangan- und Schwefelverbindungen zu erzielen, und bringt sie alsdann in ein terrassenförmiges Kastensystem, in welchem man sie vom obersten Kasten aus continuirlich mit kaltem Wasser auslaugt. Bei circa 3% Zinkgehalt der Abbrände erhält man eine fast kobalt-, mangan- und eisenfreie Zinkvitriollösung von ungefähr 20° B. Man rührt in dieselbe Chlorcalciumlauge von 15° B (Abfallprodukt der Braunsteinregeneration) ein, wobei das Gemisch dünn breiartig wird und sich folgende Umsetzung vollzieht: $ZnSO_4 + CaCl_2 = CaSO_4 + ZnCl_2$. Damit nicht Chlorcalcium in der Lösung bleibt, läßt man den Zinkvitriol in schwachem Ueberschusse. Der Brei wird auf Filterkästen gebracht, eine Zinksalzlösung von 10° B läuft ab und gelangt alsdann in Pfannen mit Oberfeuerung. Hier erhitzt man zum Sieden und giebt etwas Chlorkalk zu, wodurch Kobalt- und Manganoxyde abgeschieden werden. Sobald die Concentration von 48° B erreicht ist, ist auch aller Gips zur Abscheidung gelangt. Die Lauge enthält nunmehr außer Zinkchlorid nur noch sehr geringe Mengen von Zinkvitriol. Mangelhaft ist an diesem Verfahren die Nothwendigkeit einer Concentration der Zinklösung, weshalb es vortheilhafter ist, die Lauge nicht zu concentriren, sondern zur Fällung von Zinkoxyd mit Kalk zu versetzen. Das gefällte Zinkhydroxyd

dient zur Entschweflung von Alkalilaugen, wodurch das Verfahren von K. W. Jurisch (s. d. Jahrb. XIX. 1883. S. 343) sich wesentlich billiger stellt. Endlich sind auch die entzinkten Abbrände werthvoller für die Verarbeitung auf Eisen, als die zinkhaltigen, und dürften also besser bezahlt werden. Ein drittes Verfahren zur Aufarbeitung der zinkhaltigen Kiesabbrände rührt von der Berg- und Hüttenverwaltung in Königshütte her (D. R.-P. 28465 v. 21. Febr. 84).[1]) Darnach sollen die Abbrände mit Kochsalz vermischt und geröstet werden. Alsdann zieht man sie mit salzsäurehaltigem Wasser aus, befreit die Lösung vom Kupfer und scheidet durch Abkühlung das Glaubersalz aus. Die zurückbleibende Lösung enthält hauptsächlich Zinkchlorid und wird auf Zinkpräparate oder metallisches Zink verarbeitet. Das Verfahren erinnert an das Hofmann'sche und dürfte an denselben Mängeln leiden.

Elektrolytische Zinkgewinnung. — Nach C. Luckow[2]) (D. R.-P. 14256 v. 20. April 80) wird das Zink aus concentrirter Lösung durch Elektrolyse körnig ausgeschieden. Die frei werdende Säure dient zum erneuten Auflösen von Zink; die Polarisation hebt man durch mechanische oder chemische Mittel auf. Als Zersetzungszellen dienen längliche Tröge, in welche man die Pole in abwechselnder Folge und parallel zu den kurzen Seiten einstellt. Als negative Pole dienen Zinkplatten, unter welche man mit Gewebe überspannte Rahmen stellt; auf diese fällt dann das von den Polplatten abgestoßene Zink. Zwischen die Zinkplatten werden Gitterkästen eingestellt, die als positive Pole dienen; sie ragen ein wenig über die Flüssigkeit hervor und sind mit Koks oder noch besser mit einem Gemische aus Kohle und Zinkerzen, zinkischen Röst- oder Hüttenprodukten gefüllt und oben mit einem Metallstück beschwert, welches zur Zuleitung des Stromes dient. Wird als positiver Pol nur Kohlenfüllung der Kästen oder Körbe angewendet, so muß die Flüssigkeit Chlorzink gelöst enthalten und das am positiven Pole frei werdende Chlor mechanisch durch Einblasen von Luft oder chemisch durch Einblasen von schwefliger Säure entfernt werden. War dagegen die Füllung ein Gemisch von Kohle und Zinkerz od. dergl., so löst

1) Dingl. p. J. 254 (1884) S. 89.
2) Chem. Ind. 5 (1882) S. 2.

der Chlor stets von neuem Zink auf und die Tröge brauchen alsdann nur mit einer schwachsauren Kochsalzlösung beschickt zu werden. L. Létrange[1]) (D. R.=P. 21775 v. 8. Juli 82) röstet Zinkblende bei mäßigem Feuer, so daß das Schwefelzink zu schwefelsaurem Zink umgewandelt wird. Das Röstgut wird ausgelaugt und die Lösung auf dem Boden des Zersetzungsbassins eingeleitet. Letzteres besteht aus Holz mit Bleifutter. Als Kathode dienen Zink=, Messing= oder Kupferplatten; die Anode besteht aus Kohle. Elektricitätserzeuger ist eine Grammesche Maschine. Am negativen Pole scheidet sich das Zink ab und zwar in Plattenform; ist diese Platte 4—5 mm stark geworden, so hebt man die Kathode heraus und zieht die Zinkplatte wie ein Stück Leder ab. Das gewonnene Metall wird umgeschmolzen. Bei der Elektrolyse wird Schwefelsäure frei und sammelt sich des geringen specifischen Gewichtes halber in den oberen Schichten der Flüssigkeit an. Diese schwefelsaure Flüssigkeit läßt man oben abfließen und in eine Reihe von gemauerten, durch Röhren mit einander verbundenen Bassins gelangen, in denen sich zinkhaltige Materalien, wie Zinkblende, Galmei, Zinkoxyd ꝛc. befinden. Zink wird hier aufgelöst und die entstandene neutrale Zinkvitriollösung gelangt nach dem Boden des Zersetzungstroges zurück, während sich Blei und Silber der zinkischen Massen in den Rückständen der Auslaugebassins ansammeln. Auch durch geeignete Behandlung der Zinkmineralien mit schwefliger Säure kann man aus ihnen Zinkvitriol erhalten. Steht Zinkoxyd von hoher Reinheit zur Verfügung, so läßt sich die Auslaugung umgehen, indem man zwischen Kathode und Anode eine poröse Scheidewand einsetzt und zur Anode ein Gemisch aus Kohle mit dem Zinkoxyd giebt. Das Verfahren würde besonders für zinkarme Erze verwendbar sein; es hat noch die Vortheile der Ersparniß an Brennmaterial und an feuerbeständigem Material, der leichten Gewinnung von anderen werthvollen Metallen der Zinkerze und der Erzeugung eines sehr reinen Zinks. Nach B. Kosmann[2]) werden nach diesem Verfahren mit einer effectiven Pferdekraft in 12 Stunden 8 kg Zink ausgefällt. — Das Verfahren von Blas und Miest[3])

1) Chem. Ind. 5 (1882) S. 82. Dingl. p. J. 251 (1884) S. 31.
2) Chem. Ind. 6. (1883) S. 265.
3) Dingl. p. J. 251 (1884) S. 419.

bezweckt, die natürlichen Zinksulfide zu Elektroden geeignet zu machen. Dieselben leiten nämlich den elektrischen Strom, wenn man sie unter Anwendung von Wärme zu Platten preßt. Man zerkleinert die Zinkblende bis auf etwa 5 mm Korngröße, preßt sie in Metallformen unter 100 Atm. Druck zu Platten, erhitzt diese Platten in einem Ofen auf etwa 600°, preßt sie nach dem Herausnehmen nochmals und kühlt sie dann rasch ab, damit die Form leicht entleert werden kann. Diese Platten werden als Anoden in das Zinkvitriolbad gehängt. Es geht alsdann die folgende Umsetzung vor sich: $ZnSO_4 + ZnS = Zn + S + ZnSO_4$, d. h. so viel Zink sich auf der Kathode niederschlägt, so viel löst sich von der Anode, während entsprechende Mengen von S sich abscheiden. Vortheile des Verfahrens sollen sein, daß die Zinkblende nicht geröstet und ausgelaugt zu werden braucht, daß man den Schwefel gewinnt und daß, weil die Zerlegung des Schwefelzinks nicht in Frage kommt, weniger Stromarbeit nöthig ist, als bei anderen Methoden. R. P. Herrmann[1]) (D. R.-P. 24682 v. 24. April 83) hält es für vortheilhaft, statt des reinen Zinkvitriolbades ein solches von einem Zinksulfatdoppelsalze zu benutzen, und versetzt deshalb die Zinkvitriollösung mit schwefelsauren Alkalien oder Alkalierdsulfaten. M. Kiliani[2]) endlich macht darauf aufmerksam, daß bei der elektrolytischen Zinkgewinnung nur Galmei, Zinkblende oder zinkische Hüttenabfälle in Frage kommen können; da dieselben aber sämmtlich schlechte Elektricitätsleiter sind, so müssen sie erst oxydirt und dann mit Koksanoden elektrolysirt werden. Galmei löst sich leicht in Mineralsäuren und kann daher in der Nähe der Anode ins Bad eingehängt werden; Blende dagegen ist zu schwer löslich, weshalb sie stets durch Abrösten in Vitriol umgewandelt werden muß. Die in den Zersetzungstrog gebrachte Zinklösung muß möglichst concentrirt sein, damit keine Wasserstoffentwickelung eintritt und das Zink sich dicht ausscheidet. Bei ganz concentrirten Lösungen nimmt außerdem die Gasentwickelung mit wachsender Stromstärke ab, bei mittlerer Concentration dagegen zu. Neuerdings hat M. Kiliani ein eigenes Verfahren angegeben (D. R.-P. 29900 v. 11. März 84). Zin-

1) Chemiker-Ztg. 7 (1883) S. 1528.
2) Chem. Ind. 6 (1883) S. 264; 8 (1885) S. 111.

kische Materialien, wie Zinkoxyd, Galmei, Zinkasche, Zinkstaub, zinkischer Ofenbruch ꝛc., werden in einem mit Blei ausgefüttertem Bottiche mit einer Lösung digerirt, die hauptsächlich Ammoniak, doch auch Ammoniumcarbonat enthält. Nach völliger Sättigung mit Zink geht die Lösung durch Filter in ein Reservoir, aus dem sie continuirlich den Elektrolysirkästen zugeführt wird. In denselben hängt als Kathode Zink- oder Messing-, als Anode Eisenblech. An der Kathode scheidet sich das Zink ab, während sich an der Anode Sauerstoff entwickelt. Die Lauge circulirt in dem Zersetzungsbassin mit einer von ihrem Zinkgehalte und der Stromdichte an den Elektroden abhängigen Geschwindigkeit, um nach der Entzinkung von Neuem zum Auflösen von Zink in den Sättigungskästen zu dienen. Von allen angeführten Verfahrungsweisen scheint diejenige von Létrange sich am meisten bewährt zu haben, wenigstens ist sie in St. Denis bereits in Anwendung gebracht.

Eigenschaften des Zinks. — Das Atomgewicht des Zinks ist von mehreren Gelehrten bestimmt worden. H. Baubigny[1]) verfuhr dabei so, daß er Zink in reiner Schwefelsäure unvollkommen auflöste, filtrirte, das Filtrat eindampfte, den Rückstand des Säureüberschusses vorsichtig bis 440° erhitzte und hierauf ungefähr 150 g des Rückstandes in 10 Lit. destillirtem Wasser auflöste. Eine geringe Menge Zink wurde durch H_2S ausgefällt und hierauf mit der Lösung 24 Stunden im geschlossenen Gefäße unter häufigem Umschütteln in Berührung gelassen. Das ZnS fällt dabei die Spuren vorhandener fremder Metalle (Co, Pb u. s. w.) vollständig aus. Nach der Filtration fällt man alles Zink mit H_2S als Sulfid, wäscht den Niederschlag gut aus und löst ihn alsdann in concentrirter Schwefelsäure. Aus dieser Lösung erhält man ein reines Sulfat, welches man zur Atomgewichtsbestimmung bei der Temperatur des schmelzenden Goldes calcinirt. Es hinterbleibt chemisch reines Zinkoxyd. Auf solche Weise ergab sich das Atomgewicht des Zinkes

für S = 32 zu 65,334
für S = 32,074 zu 65,408
für O = 15,96 und S = 31,98 zu 65,293.

---

1) Compt. rend. 97 (1883) p. 907.

C. Marignac hat in seiner schon erwähnten Abhandlung [1]) auch das Atomgewicht des Zinkes in Betracht gezogen. Seine eigenen Atomgewichtsbestimmungen gingen vom Zinkkaliumchlorid aus. Größere Mengen dieser Verbindung wurden in Trichter gefüllt, welche auf leere Flaschen gesteckt und unter Glocken gebracht wurden, unter denen sich ein Gefäß mit Wasser befand. Das Doppelsalz zieht Wasser an und beginnt zu zerfließen; an der Oberfläche im Trichter bildet sich eine gesättigte Lösung, welche das übrige Salz durchsickert und seine Unreinigkeiten aufnimmt. Von Zeit zu Zeit werden die Flaschen gegen neue ausgetauscht und die Flüssigkeiten in ihnen analysirt. Zeigen dieselben die Zusammensetzung $2KCl, ZnCl_2$, so ist das Doppelsalz rein. Man trocknet es im trocknen Luftstrome erst bei gewöhnlicher, dann bei erhöhter Temperatur, bis keine Gewichtsabnahme mehr stattfindet. Mit dem jetzt hinterbliebenen Produkte wurden Chlorbestimmungen vorgenommen. Es zeigte sich der Chlorgehalt constant, aber stets nur etwa 98% vom theoretischen; das Salz enthielt also einen Ueberschuß von Zinkchlorid. Die Atomgewichtsberechnung ergab Zn = 65,29, welcher Werth etwas zu niedrig ist. Aus durch Umkrystallisiren gereinigtem Doppelsalz erhielt Marignac den Werth 65,33; doch hat man bei solchem Salze keine Sicherheit, daß nicht Mutterlauge eingeschlossen sei. Jedenfalls sind aber die beiden Zahlen dem wahren Werthe genügend angenähert. Für O = 15,96 würde sich ergeben Zn = 65,064 und 65,167. — J. D. van der Plaats [2]) endlich bestimmte das Atomgewicht des Zinkes aus der Menge des durch dasselbe aus angesäuertem Wasser entwickelten Wasserstoffs. Die Werthe wurden auf luftleeren Raum reducirt Es ergab sich Zn = 65,14, 65,18 und 65,21, also im Durchschnitte = 65,177. Mithin stimmen die Werthe, welche die drei Chemiker als Atomgewicht des Zinks gefunden haben, noch keineswegs in wünschenswerther Weise überein. — Die Dichte des flüssigen Zinks wurde von W. Ch. Roberts und T. Wrightson [3]) zu 6,48 und 6,55 gefunden, während die des festen nach Rankine 6,8 bis 7,2 ist. Den Siedepunkt des Zinks fand Bec-

1) Ann. Chim. Phys. [6] 1. (1884) p. 309.
2) Compt. rend. 100 (1885) p. 55.
3) Ann. Chim. Phys. [5] 30 (1883) p. 278.

querel zu 932° und J. Violle[1]) zu 929,6°. S. Kalischer[2]) macht darauf aufmerksam, daß Zink beim Erhitzen auf 150° seine Molekularstructur ändert und krystallinisch wird; es verliert dabei seinen hellen Klang, läßt sich biegen und giebt hierbei ein Geschrei wie das Zinn. Wird eine krystallinisch gemachte Zinkplatte in eine Kupfervitriollösung getaucht, so zeigt das niedergeschlagene Kupfer krystallinische Zeichnung. Das krystallinische Zink ist in seiner Dichte um 0,003 erhöht und leitet die Elektricität besser als gewöhnliches Zink. Nach G. Williams[3]) enthält Zinkstaub des Handels oft sein 39faches Volumen an Wasserstoff eingeschlossen, den es bei Temperaturen unter dem Schmelzpunkte des Glases abgiebt. Dieser Wasserstoff kann offenbar nur aus einer Zersetzung von anhaftendem Wasser entstanden sein, und dafür spricht auch die Erscheinung, daß Zinkstaub beim Anfeuchten mit Wasser sich sehr schnell erwärmt (siehe dieses Jahrb. XIII, 1877 S. 388). — Es ist endlich noch der Methoden zur Herstellung von arsenfreiem Zinke zu gedenken. Selmi[4]) will in das in einem Tiegel geschmolzene Zink ein Stück Salmiak bis auf den Boden des Tiegels eintauchen, wobei alles Arsen als Arsentrichlorid $AsCl_3$ entweichen soll. F. Stolba[5]) formt aus 4 Thl. gebranntem Gips, 1 Thl. grob gepulvertem Schwefel und dem nöthigen Wasser einen dicken Teig, aus dem er Kugeln von 5 cm Durchmesser herstellt, welche noch feucht an Holzstäben befestigt werden. Nach dem Erstarren sitzt die Masse fest am Stabe. Das Zink wird geschmolzen und eine Kugel bis auf den Boden des Schmelztiegels versenkt. Reichliche Dämpfe von Schwefel und Wasser treten auf und bringen das Metall in lebhafte Bewegung. Nach beendeter Reaction hebt man die gebildete Schlacke ab und wiederholt eventuell die Operation. Das Zink ist nun arsenfrei und hat an Eisen- und Bleigehalt verloren. L. L'Hote[6]) giebt folgende Methode an. In das geschmolzene Zink werden 1 bis 1,5% wasserfreies Chlormagnesium eingetragen. Beim Umrühren der

1) Compt. rend. 94 (1882) p. 720.
2) Berl. Ber. 14. (1881) S. 2747.
3) Chem. N. 51 (1885) p. 146.
4) Chemiker-Ztg. 5 (1881) S. 934.
5) Chem. Ind. 7 (1884) S. 129.
6) Compt. rend. 98 (1884) p. 1491.

Masse entweichen weiße Dämpfe von Chlorzink und Chlorarsen. Das Metall wird dann in kaltes Wasser gegossen und giebt völlig arsenfreie, noch von zehnfach verdünnter Schwefelsäure leicht angreifbare Granalien. Letzteres ist wichtig, weil das in andrer Weise, z. B. durch Schmelzen mit KNO_3 und Destilliren, gereinigte Zink oft schwer angreifbar ist. Wäre im Zink auch Antimon enthalten, so würde dies ebenfalls als $SbCl_3$ entweichen.

Zinksuperoxyd. — Ueber die Superoxyde in der Zink- und Magnesiumgruppe hat R. Haaß[1]) Untersuchungen angestellt, die hier nur in Bezug auf Zink zur Erwähnung gelangen. Das Zinksuperoxyd wurde von Thénard zuerst dargestellt, aber man glaubte nicht recht an seine Existenz. Es giebt zwei Methoden seiner Darstellung: (1) man löst Zinkhydroxyd in salzsaurer Wasserstoffsuperoxydlösung und fällt in geringem Ueberschuß mit Kalilauge aus; oder (2) man trägt gallertartiges Zinkhydroxyd in wässriges H_2O_2 ein. In beiden Fällen bildet sich eine geschmack- und geruchlose, weiße, neutral reagirende, gallertartige Masse, welche beim Erwärmen Sauerstoff abgiebt. Aehnlich wie Methode (1) ist die von Haaß gewählte. Eine Lösung von Zinksalz wurde mit wässrigem Wasserstoffsuperoxyd versetzt und alsdann Ammoniak zugegeben. Der Niederschlag wurde dann gründlich ausgewaschen und zeigte alle Reactionen eines Superoxyds: in saurer Lösung nach Eisenvitriolzusatz Bläuung von Jodzinkstärke; Blaufärbung des Aethers durch Ueberchromsäure; Entfärbung von $KMnO_4$ in Lösung unter Sauerstoffentwicklung. Der Niederschlag wurde selbst bei 110—120° noch nicht vollständig zersetzt. Seine Zusammensetzung entsprach der Formel Zn_5O_8 oder Zn_3O_5; doch war wahrscheinlich dem Superoxyd noch Oxyd beigemischt. Die wirkliche Zusammensetzung ist voraussichtlich ZnO_2, doch scheint sich der Körper überhaupt nur zu bilden, wenn gleichzeitig ZnO entsteht. Vielleicht entstehen sogar Verbindungen der Form $2ZnO, 3ZnO_2$ oder $ZnO, 2ZnO_2$, welche alsdann obige Formeln bei der Berechnung der Analyse ergeben müssen. Mit verdünnten Säuren liefert Zinksuperoxyd wieder Wasserstoffsuperoxyd und gehört also zu den sogenannten Antozoniden.

Zinksulfat. — Die Reinigung des in gewöhnlicher

1) Berl. Ber. 17 (1884) S. 2249.

Weise dargestellten Zinkvitriols soll nach H. Brunier[1]) wie folgt geschehen. Nachdem man in einer Probe des Salzes die zur Oxydation des Eisenoxyduls nöthige Menge Chamäleon bestimmt hat, versetzt man die gesammte Zinksulfatmenge mit der berechneten Menge $KMnO_4$ und setzt für je 100 g Zinksulfat etwa 5 ccm verdünntes Ammoniak zu. Nach einigen Minuten muß die überstehende Flüssigkeit farblos sein. Man kocht auf, läßt erkalten und filtrirt. Der Niederschlag enthält alles Eisen und Mangan; das Filtrat wird bei Temperaturen unter dem Kochpunkte zur Krystallisation concentrirt. Nach van de Vyvere[2]) ist diese Methode jedoch deshalb nicht brauchbar, weil das auskrystallisirte Produkt stets K_2SO_4 und $(NH_4)_2 SO_4$ einschließt, jedenfalls zu Doppelsalz gebunden. Dagegen soll das Verfahren von Franqui empfehlenswerth sein. Darnach löst man den Zinkvitriol in Wasser, säuert mit Schwefelsäure an, oxydirt mit Chlor, fällt einen Theil der Lösung mit Soda, filtrirt und wäscht den Niederschlag gut aus und giebt ihn dann zu dem Reste der Flüssigkeit in kleinen Mengen unter Kochen zu. Das Hydrocarbonat des Zinkes scheidet das Eisen vollständig ab; ist aber Mangan vorhanden, so leitet man, während Zinkcarbonat in der Flüssigkeit suspendirt ist, Chlor ein, worauf Mn als MnO_2 ausfällt. Es entsteht bei dieser Methode ein wenig Chlorzink, welches aber nicht mit dem Sulfat auskrystallisirt, auch leicht durch Alkohol dem Zinkvitriol entzogen werden kann. C. J. Bender[3]) greift bei seiner Darstellung von eisenfreiem Zinkvitriol zum Theil auf die Methode von Brunier zurück. 400 Thl. rohe Schwefelsäure werden mit 1600 Thl. Wasser verdünnt zur Einwirkung auf 260 Thl. Zink gebracht. Ehe die Wasserstoffentwicklung aufhört, macht man die abgegossene Flüssigkeit durch Einleiten von Wasserdampf siedend und läßt sie dann langsam erkalten. Zum Filtrate giebt man alsdann 1 Thl. $KMnO_4$ und erhält das Ganze längere Zeit im Sieden. Die nunmehr durch Filtriren erhaltene Lösung wird mit wenig Ammoniak versetzt, erhitzt und abermals filtrirt. Das Filtrat säuert man mit Schwefelsäure an und läßt es zur Krystallisation stehen. Erst die zu-

1) Chem. Centralb. 13. (1882) S. 706.
2) Ebenda 14 (1883) S. 3.
3) Ebenda 16 (1885) S. 318.

letzt sich ausscheidenden Krystalle sind unrein. — Ueber Zinkammonsulfat berichtet G. André.[1]) Wenn man durch eine concentrirte ammoniakalische Zinksulfatlösung unter Vermeidung jeder Temperaturerhöhung einen Strom von Ammoniakgas durchleitet, so bilden sich innerhalb der Flüssigkeit zunächst ölähnliche Streifen; alsdann wird die Flüssigkeit milchig getrübt und opalisirend und bei Unterbrechung des Gasstromes scheidet sie sich in zwei Schichten, die beim Schütteln emulgiren. Bei weiterem Ammoniakzuleiten nimmt die untere Schicht an Volumen zu und scheidet verfilzte, sehr zerfließliche Nädelchen aus, welche die Zusammensetzung $ZnSO_4$, $4NH_3$, $3H_2O$ besitzen. Beim Erwärmen auf 20° zerfließen die Kryställchen zu öligen Tropfen, welche sich bei 30° zu einer homogenen Schicht vereinigen. Bei + 1° wird die Schicht wieder trübe und scheidet am Boden ölige Tropfen aus. Mit Alkohol ist die untere Schicht nicht mischbar; an der Berührungsstelle beider Flüssigkeiten scheiden sich allmählich ebenfalls Nädelchen von obiger Formel aus. Die untere Schicht enthält 13,62% Zink und 22,16% Ammoniak, die obere dagegen 2,15% Zn + 25,69% NH_3. Die Dichte der unteren Schicht ist 1,2714 und die der oberen 0,953, beide bei 8°. Bei genügender Abkühlung läßt sich die merkwürdige Erscheinung auch durch concentrirte Ammoniaklösung hervorrufen. — Basische Zinksalze stellte J. Habermann[2]) her, indem er concentrirte Lösungen der neutralen Salze zum Sieden erhitzte und so lange sehr verdünnte Ammoniaklösung eintröpfelte, als noch ein Niederschlag entstand. Er ließ dann erkalten, decantirte, wusch mit kaltem Wasser aus, ließ absaugen und über Kalk trocknen. Das basische Zinksulfat z. B., welches er auf diese Weise erhielt, hatte die Zusammensetzung $4ZnO, 3H_2O, SO_3 + 3H_2O$ oder $ZnSO_4, 3Zn(OH)_2 + 3H_2O$.

Aluminium.

Noch immer ist eine einfache und gewinnbringende Darstellungsmethode des Aluminiums aus seinen über die ganze Erde verbreiteten Verbindungen, insbesondere aus dem Thone und der Thonerde, ein Problem, an dessen Lösung viele Kräfte

1) Compt. rend. 100 (1885) p. 241.
2) Chem. Centralbl. 15 (1884) S. 770.

erfolglos gearbeitet haben. Die bedeutendste Aluminiumfabrik ist immer noch diejenige des Herrn Pechiney in Salindres bei Alais, die ausschließlich für die Société de l'Aluminium in Paris arbeitet[1]); und diese Fabrik verwendet die bekannte Deville'sche Methode der Aluminiumreduction aus Aluminiumnatriumchlorid durch Natrium. Sie producirt jährlich 2400 kg Aluminium. Eine englische, sowie eine ältere deutsche Aluminiumfabrik sind längst eingegangen; erst neuerdings sind von der Aluminium- und Magnesiumfabrik in Bremen auf der internationalen Ausstellung von Arbeiten aus edlen Metallen und Legirungen in Nürnberg wieder größere Mengen des Metalls und seiner Legirungen ausgestellt worden.[2]) Aber auch diese Produkte der Aluminiumfabrikation leiden an hohen Preisen. Gleichwohl wäre es sehr erwünscht, wenn man das „Silber aus Thon", wie man unser Metall etwas überschwänglich genannt hat, in großen Mengen und zu billigem Preise fabriciren könnte; die weite Verbreitung der Rohmaterialien und viele hervorragende Eigenschaften des Metalls lassen diesen Wunsch immer von neuem entstehen.

Eigenschaften des Aluminiums. — Betrachten wir zunächst an der Hand neuerer Untersuchungen die Eigenschaften des Aluminiums. Ueber seine physikalischen Eigenschaften hat W. H. Barlow[3]) Mittheilungen veröffentlicht. Derselbe fand das specifische Gewicht des Al zu 2,688. Die Dehnbarkeit eines 5 cm langen Stückes von 1 qcm Querschnitt betrug nur 2,5%. Ueber die Zugfestigkeit giebt folgende Tabelle interessanten Aufschluß; die englischen Maße und Gewichte sind in deutsche umgerechnet:

Metall oder Legirung	Gewicht von 1 cbm in kg	Zugfestigkeit pro 1 Qu.-Zoll engl. = 6,3516 qcm in kg	Länge eines Stabes mit 1 Qu.-Zoll = 6,3516 qcm Basis in m, der eben noch sein Gewicht trägt.
Gußeisen	7128,50	7484,3	135,407
Bronce	8410,04	16329,3	253,822
Stabeisen	7689,18	22679,6	380,733
Stahl	7849,37	35380,2	584,806
Aluminium	2691,21	12192,5	584,806

1) Dingl. p. J. 249 (1883) S. 86.
2) Chemiker-Ztg 9 (1885) S. 923.
3) Chem. Centralbl. 13 (1882) S. 777.

(In der Tabelle ist merkwürdiger Weise Al mit andrer Dichte angenommen, nämlich mit D = 2,69121, als oben angeführt wurde.) Aus der Tabelle geht hervor, daß das Aluminium bei großer Leichtigkeit auch große Elasticität besitzt; seine Ausdehnung an der Elasticitätsgrenze ist ungefähr dreimal so hoch wie jene des Stahls und fünfmal so hoch, als die des Stabeisens. Die Zugfestigkeit liegt zwischen Gußeisen und Bronce; ja mit Berücksichtigung des Eigengewichts vom Stabe ist sie so groß wie diejenige des Stahls. — Die chemischen und physikalischen Eigenschaften hat J. W. Mallet[1]) studirt. Er fand, daß das rohe Aluminium des Handels durchschnittlich 96,89% Al, 1,84% Fe und 1,27% Si enthält. Um dieses rohe Metall zu reinigen, verwandelte es Mallet in das Bromid und unterwarf letzteres häufigen Destillationen. Nachdem so chemisch reines Bromaluminium erhalten worden war, wurde dasselbe mit großer Vorsicht vor erneuter Verunreinigung mit Hülfe von chemisch reinem Natrium reducirt. Die entstehenden Aluminiumkörner wurden umgeschmolzen und erwiesen sich als chemisch rein. Auf frischem Schnitte zeigten sie zinnweise Farbe ohne jeden blauen Schimmer und besaßen höheren Glanz als das Zinn. Der Bruch war feinkörnig und hatte eigenthümlichen Seidenglanz. Das Metall war durch die Reinigung weicher geworden, ebenso leichter schmelzbar und minder widerstandsfähig gegen Säuren und Alkalien. Es besaß Biegsamkeit und war hämmerbar. Das specifische Gewicht war bei + 4° = 2,583. Weiter ergab sich das Atomvolumen zu 10,45, die specifische Wärme zu 2253, das Atomgewicht zu 27,02 und also die Atomwärme zu 6,09. — Den Siliciumgehalt des Aluminiums hat bereits 1868 Rammelsberg nachgewiesen, und zwar enthält Al des Handels nach ihm bis zu 13% Si, welches beim Lösen des Metalls theils als H_4Si entweicht, theils in Lösung geht, theils im Rückstand bleibt. G. Buchner[2]) weist darauf hin, daß wegen der möglicher Weise auftretenden Entwicklung von H_4Si das rohe Al nicht geeignet zur H-Entwicklung für Arsenbestimmungen sei. — Das Atomgewicht des Aluminiums ist zu Werthen

1) Chemiker-Ztg. 6 (1882) S. 1128.
2) Ebenda 8 (1884) S. 37.

zwischen 26,93 und 27,47 gefunden worden. L. Meyer nimmt Al = 27,04 für O = 15,96 als richtigen Werth an. Damit deckt sich der von Mallet angegebene Werth vollständig, während H. Baubigny[1]) zu anderen Resultaten gelangte. Derselbe erhitzte trocknen eisenfreien Ammoniakalaun äußerst vorsichtig und allmählich bis zur Temperatur des schmelzenden Goldes, so daß ein schwefelsäurefreier Rückstand blieb. Etwaige fixe Alkalien wurden mit heißem Wasser ausgelaugt, der Rückstand aber war nach nochmaligem Glühen chemisch reine Thonerde. Diese wurde in Sulfat umgewandelt und das Sulfat mehrfach umkrystallisirt, schließlich auf 440° erhitzt, nochmals gelöst und mit Alkohol gefällt. Jetzt hat man zum Niederschlage ein chemisch reines Aluminiumsulfat, welches analysirt wird. Es ergab sich für S = 16 der Werth Al = 27,0161 oder für S = 31,98 die Zahl Al = 26,98. — Das Löthen des Aluminiums war bisher eine äußerst schwierige, ja kaum ausführbare Operation. Nach Bourbouze[2]) ist dasselbe aber leicht durchführbar mit Hülfe von Zinnzink- oder Zinnaluminium- oder Wismuthaluminiumlegirungen. Für Stücke, die nach dem Löthen noch weiter bearbeitet werden sollen, empfiehlt sich eine Legirung aus 45 Thl. Zinn mit 10 Thl. Aluminium; die so gelötheten Stücke können gedrückt, gedreht und sonst bearbeitet werden. Ist dies aber nicht nöthig, so genügt ein viel geringerer Aluminiumgehalt in dem Lothe; solches Loth kann einfach mit dem Löthkolben aufgetragen werden. Für Löthen auf andere Metalle empfiehlt sich ein vorhergehendes Verzinnen der Löthflächen. Andere Löthlegirungen für Al giebt C. W. Frishmuth[3]) an, nämlich für Schmuckgegenstände aus 10 Thl. Silber, 10 Kupfer, 20 Aluminium, 30 Zink und 60 Zinn; für gewöhnliche Löthungen aus 95Sn + 3Bi oder 97Sn + 3Bi oder 98 — 99Sn + 2 — 1 Gwthl. Bi. Als Flußmittel dient in allen Fällen Paraffin, Stearin, Vaselin oder Kopaivabalsam. Die Löthstellen müssen gut gereinigt und gerade so weit erhitzt werden, daß das Loth schmilzt. — Gegenwärtig fast wichtiger als das reine Metall sind die Aluminiumlegirungen, und unter ihnen obenan steht die Aluminiumbronce, jene Legirung,

1) Compt. rend. 97 (1883) p. 1369.
2) Ebenda 98 (1884) p. 1490.
3) Chemiker-Ztg. 8 (1884) S. 1396.

die aus Aluminium und chemisch reinem Kupfer besteht und bei 10% Gehalt an Aluminium durchaus die Farbe des silberlegirten Goldes besitzt (siehe dieses Jahrb. XIV. 1878. S. 426), in der Regel aber viel ärmer an Al ist, z. B. für Kanonenrohre, Statuen, Glocken u. s. w. mit 2% verwendet worden ist. Noch weniger Al enthält die nach J. Webster[1]) (D. R.-P. 28117 v. 1. Jan. 84) dargestellte Bronze. Man stellt sich zunächst Legirung I aus 15 Thl. Al + 85 Thl. Sn, alsdann Legirung II aus 17 Thl. Ni + 17 Thl. Cu + 66 Thl. Sn her. Alsdann schmilzt man 84 Thl. Cu und trägt nun je 8 Thl. von Legirung I wie II in das Metallbad ein, wobei man umrührt, aber nicht mit eisernen Geräthen. Die Zusammensetzung der fertigen Bronze berechnet sich zu 85,36% Cu, 12,08% Sn, 1,36% Ni und 1,20% Al. Die Bronze eignet sich zu Guß für Röhren, Kanonenrohre, Lager, Platten, zu Drähten ꝛc.; sie ist kaum oxydirbar, hart, zähe und politurfähig. — Von M. Krouchkoll[2]) ist neuerdings auch ein Aluminiumamalgam hergestellt worden, indem derselbe Aluminium unter Quecksilber schabte oder auch Aluminiumdraht in Quecksilber einsenkte, das Ganze mit angesäuertem Wasser überschichtete und den Draht mit dem negativen Pole eines Elementes verband, in das Wasser aber eine Platinplatte als positiven Pol einsenkte. Amalgamirtes Aluminium wird an der Luft sehr schnell zerstört, weil zwischen den beiden Metallen ein elektrischer Strom entsteht und gleichzeitig die Feuchtigkeit der Luft zur Geltung gelangt. Es fallen Flocken von Thonerde nieder. — Was die Verwendung des Aluminiums anbetrifft, so ist dieselbe eine beschränkte. So benutzt man das Metall zur Fassung für Fernröhre, Operngläser, zu chirurgischen Apparaten (insbesondre Spritzen für Jodlösungen, Sublimatlösungen ꝛc.), zu solchen Vorrichtungen, bei denen es auf Leichtigkeit ankommt (Wagebalken, Beinschienen, kleine Gewichte ꝛc.) und endlich insbesondre zur Herstellung der Aluminiumbronze, die ziemlich häufig zu Nippes, Schmuckgegenständen ꝛc. verarbeitet wird. Neuerdings wird in Amerika vielfach Aluminiumfolie als Ersatz für gewöhnliche Silberfolie zu decorativen Zwecken benutzt[3]),

---

1) Dingl. p. J. 253 (1884) S. 427.
2) Beibl. Ann. Phys. Chem. 8 (1884) S. 655.
3) Chemiker-Ztg. 9 (1885) S. 254.

da sie sehr beständig und glänzend ist. Bücher mit 50 Blättern gewöhnlicher Stärke kosten ungefähr 1,10 Mk. Zum Belag von Leydener Flaschen dienen stärkere Blätter von je 25,8 qcm, von denen 50 Stück etwa 4,40 Mk. kosten.

Woher nun diese spärliche Verwendung des Aluminiums? Aus einem Vergleiche seiner guten und seiner mangelhaften Eigenschafen ergiebt sich, daß der Hauptgrund dafür in dem hohen Preise dieses Metalls zu suchen ist. Die Hauptvorzüge des Aluminiums sind seine Leichtigkeit und Luftbeständigkeit. Letztere ist aber nur bei reinem Aluminium vorzüglich, während unreines Al in Luft sich oberflächlich mit ganz dünner Oxydschicht bedeckt. Die Farbe ist zinnweiß, also jedenfalls derjenigen des Neusilbers nicht wesentlich vorzuziehen; dasselbe gilt von der Politurfähigkeit. Von Salpetersäure und organischen Säuren wird Al zwar nicht angegriffen; letztere lösen es aber beträchtlich bei Gegenwart von Kochsalz. Verdünnte Schwefelsäure, noch leichter Salzsäure und Alkalilaugen lösen das Metall auf. Das Metall ist sehr dehnbar, ziehbar und hämmerbar, gießbar und hart. Wärme und Elektricität leitet es gut. Schwefelwasserstoff hat, was wesentlich ist, keinerlei Einwirkung auf Al. Endlich bildet das Metall leicht werthvolle Legirungen. Wir haben also folgende Vorzüge zu verzeichnen: 1) Leichtigkeit; 2) Luftbeständigkeit; 3) Farbe und Politurfähigkeit wie Zinn; 4) Unschädlichkeit der etwa durch Einwirkung chemischer Reagentien gebildeten Verbindungen; 5) Indifferenz gegen H_2S; 6) Leichtigkeit der Bearbeitung; 7) Fähigkeit, Legirungen von hohem Werthe zu bilden.

Dem gegenüber stehen eine Reihe von unangenehmen oder schädlichen Eigenschaften des Aluminiums. Hierher könnte man bis zu einem gewissen Grade die geringe Widerstandsfähigkeit gegen Säuren rechnen, wenn nicht andre viel benutzte Metalle, wie Eisen, Zink u. s. w., dieselbe üble Eigenschaft in viel höherem Grade besäßen. Weiter ist ein Mangel des Aluminiums, daß es sich schwer löthen läßt. Ferner kommt der Umstand in Rechnung, daß sich Al nur in besonderen Tiegeln schmelzen läßt, nämlich nach C. Winkler[1]) nur in Tiegeln aus Kalk oder in solchen Thontiegeln, die mit geglühter Thonerde ausgefüttert sind; aus Silicattiegeln reducirt nämlich das geschmolzene Aluminium

1) Dingl. p. J. 230 (1878) S. 159.

gewisse Beträge von Silicium und verbindet sich damit zu einer grauen brüchigen Masse. Endlich aber ist das Metall für häufigere Anwendung viel zu theuer; 1 kg kostet nämlich 75—80 M. Nun repräsentirt 1 kg Al zwar das Volumen von circa 385 ccm, aber dennoch ist dieser Preis im Verhältniß zu demjenigen andrer Metalle ein viel zu hoher. Es erhellt dies am Besten aus der folgenden Tabelle, in welcher die Preise pro 1 kg und pro 1000 ccm der wichtigeren Metalle, nebst ihren specifischen Gewichten, zu finden sind.

Metall	Preis pro 1 kg in M	Metall	Dichte	Preis pro 1000 ccm in M	Bemerkungen
1. Au	2793 bis 2799	1. Au	19,4	54184,20 bis 54300,60	—
2. Ir	2000	2. Ir	13,763	27526,00	Dichte des „fused iridium“
3. Pt	950	3. Pt	21,5	20425,00	—
4. K	170	4. Ag	10,57	1562,77 bis 1574,93	Ag: Hamb. Preise
5. Ag	147,85 bis 149,00	5. Co	8,951	429,65	—
6. Mg	80	6. Al	2,6	195,00 bis 208,00	—
7. Al	75 bis 80	7. K	0,86	146,20	—
8. Co	48	8. Mg	1,743	139,44	—
9. Bi	14,11 (bis 18)	9. Bi	9,9	106,69 (bis 178,20)	Bi: Freiberg (Kosmann)
10. Cd	8,9	10. Cd	8,67	77,16	—
11. Na	8 bis 9 (bis 19)	11. Ni	8,68	59,85	—
12. Ni	6,895	12. Hg	13,59	51,64	—
13. Hg	3,8	13. Sn	7,3	12,41 bis 15,48	Sn: In Berlin u. Bancazinn
14. Sn	1,70 bis 2,12	14. Cu	8,95	11,10 bis 12,53	Cu: Kosmann. Englisches.
15. Cu	1,24 bis 1,40	15. Na	0,97	7,76 bis 8,73 (bis 18,43)	Na: 18,43 nach Kosmann
16. Sb	0,90	16. Sb	6,72	5,98	—
17. As	0,80	17. As	5,73	4,58	—
18. Fe	0,50	18. Fe	circa 7,7	3,85	Fe: Gußstahl
19. Zn	0,30 bis 0,31	19. Pb	11,4	2,85 bis 2,88	—
20. Pb	0,25 bis 0,253	20. Zn	7,0	2,10 bis 2,17	—
21. Fe	0,14	21. Fe	circa 7,7	1,078	Fe: Flußstahl am Werk
22. „	0,07 bis 0,08 bis 0,052	22. „	„ 7,1	0,50 bis 0,57 bis 0,37	„ Roheisen (schottisch); westfäl. Roheisen

Die Zahlen dieser Tabelle gelten für 1884, in einzelnen Fällen auch für 1883. Sie sind entnommen: dem Jahrbuch f. Berg- und Hüttenw. in Sachsen" 1885, S. 184, 185, 189; ferner den Angaben von B. Kosmann, Chemik.-Ztg. 9 (1885) S. 924, 1210 und endlich dem Handelsblatte der Chemik.-Ztg. und verstreuten Notizen aus der technischen Literatur. Die Abweichungen bei Wismuth und Natrium sind auffällig, daher die vermuthlich zu hohe Ziffer eingeklammert wurde. Man sieht, daß das Aluminium im Preise zwischen Silber und Magnesium einerseits und Kobalt und Wismuth andrerseits steht, falls man auf die Preise von 1 kg Rücksicht nimmt. Es ist nicht ganz halb so billig wie Silber, aber 12mal so theuer wie Nickel, 40 mal so theuer wie Zinn und 270 bis 280mal so theuer wie Zink, wenn von den Preisen des Kilogramm ausgegangen wird; dagegen nach den Preisen für das gleiche Volumen $7^1/_2$ mal billiger als Silber, 4mal so theuer wie Nickel, 13 bis 16mal so theuer wie Zinn und 70mal so theuer wie Zink. Mag man nun die vorzüglichen Eigenschaften des Aluminiums so hoch anschlagen wie man will, so ist doch kein Zweifel, daß dieselben gegenüber seinem Preise kaum mehr zur Geltung gelangen können; wo es sich um billige Herstellung von Metallarbeiten handelt, wird das Nickel oder Zinn statt des Al verwendet werden, während letzteres kaum größere Benutzung an Stelle des Silbers erlangen wird, da es äußerlich sich mit diesem Edelmetalle in keinen Wettstreit einlassen kann; nur wo seine Leichtigkeit und Luftbeständigkeit Hauptbedingungen sind, da wird es zur Anwendung gelangen.

Es ist trotzdem kein Zweifel, daß mit erheblicher Herabminderung der Preise für das Aluminium die Verwendung dieses Metalls eine viel allgemeinere werden würde; ja es ist sehr zu wünschen, daß diese allgemeinere Benutzbarkeit herbeigeführt werde. Dies kann aber eben nur durch billigere Darstellung des Metalls geschehen, und inwieweit eine solche möglich sei, möge nun erörtert werden.

Darstellung des Aluminiums. — Die Rohmaterialien zur Gewinnung des Aluminiums sind, wie schon erwähnt wurde, nicht theuer, so daß sie an dem hohen Preise des Al nicht die Schuld tragen. Mithin muß diese Ursache in der Art der Darstellung selbst gesucht werden. Die gewöhn-

liche Gewinnungsmethode ist diejenige nach Wöhler-Deville, wie dieselbe auch in Salindres angewendet wird. (Siehe hierüber Jahrb. XIII. 1877. S. 383). Als Rohmaterial dient Baurit $(Al,Fe)_2O_3,H_2O$ oder $(Al,Fe)_2O_3,2H_2O$, dessen Thonerde man durch Erhitzen mit Soda in Natriumaluminat umwandelt. Die Lösung des letzteren wird durch Kohlensäure zersetzt, wobei Thonerde ausfällt. Diese wird mit Kohle und Kochsalz gemischt und im Cl-Strome erhitzt, wobei Natriumaluminiumchlorid $2NaCl,Al_2Cl_6$ sich verflüchtigt. Das Doppelchlorid endlich wird mit Kryolith als Flußmittel vermischt und durch Natrium reducirt. Letzteres muß sich die Aluminiumfabrik ebenfalls selbst erzeugen. Nach W. Weldon [1]) stellen sich die Kosten des ganzen Processes wie folgt:

1. Operation: Bereitung der Thonerde aus Baurit. Schmelzen des Baurites mit Soda, Auslaugen, Fällen mit CO_2. Einschließlich des Preises für Baurit	9,67%
2. Operation: Bereitung des Doppelchlorids. Thonerde mit C und NaCl gemischt, zu Kugeln geformt, getrocknet, im Chlorstrome zur Weißgluth erhitzt	33,40%
3. Operation: Reduction des Doppelchlorids. Erzeugung von Na, Flußmittel, Reductionskosten	56,93%
Gesammtkosten =	100,00

Am meisten ins Gewicht fällt also die dritte Operation, und wenn der alte Proceß beibehalten werden soll, müssen offenbar insbesondere die Kosten der Natriumgewinnung herabgemindert werden. Im Allgemeinen wird aber Aluminium billiger dargestellt werden können in folgenden Fällen:

1) Die Thonerde wird billiger hergestellt.
2) Das Doppelchlorid wird billiger gewonnen.
3) Das Doppelchlorid wird durch ein billigeres geeignetes Material ersetzt.
4) Das Natrium wird billiger hergestellt.
5) Das Natrium wird durch ein billigeres Reductionsmittel ersetzt.

Offenbar ist ad 1) zu bemerken, daß eine billigere Thonerde-

1) Dingl. p. J. 249 (1883) S. 86; Chemiker-Ztg. 7 (1883) S. 1379.

gewinnung, wenn sie überhaupt möglich ist, doch auf die Gesammtkosten nur einen geringen Einfluß ausüben kann. Eine billigere Doppelchloridgewinnung (2) hat man insbesondre in der Weise herbeizuführen gesucht, daß man Operation 1 ganz zu umgehen und das Doppelchlorid direct aus dem Rohmaterial herzustellen versucht hat. Am einflußreichsten auf die günstigere Preisgestaltung würden erhebliche Fortschritte im Sinne von Punkt 4) und 5) sein. Ueber billigere Natriumdarstellung würde hier nicht zu sprechen sein; dagegen sind zahlreiche Versuche zur Einführung eines billigeren Reductionsmittels zu nennen. Betrachten wir nun die Versuche in jeder der 5 Richtungen.

1) Herstellung der Thonerde. Mehrfache Abänderungen in der Thonerdegewinnung hat J. Webster[1]) vorgeschlagen. Nach dem Engl. P. 2580 vom 14. Juni 81 soll ein Gemisch von Alaun mit 1/3 Gaspech in einem Sodaofen auf etwa 250° erhitzt werden, bis alles Krystallwasser entwichen ist. Man läßt erkalten, zerkleinert und vermischt mit verdünnter Salzsäure, worauf man das Ganze zu Haufen wirft. Entwickelt sich kein H_2S mehr, so giebt man 5% Kohle zu und zermahlt mit Wasser zu einem dicken Brei, aus welchem man bei 150° zu trocknende Stücke formt. Die Stücke werden in verticalen Retorten im Strome von Wasserdampf und Luft erhitzt, wobei HCl, SO_2, CO_2 u. s. w. fortgehen. Der Rückstand wird mit Wasser ausgelaugt; es hinterbleibt reine Thonerde, während K_2SO_4 in Lösung geht. Die so gewonnene Thonerde ist ein graues Pulver von großer Feinheit und Reinheit (Zusammensetzung: 84,1 Al_2O_3, 2,68 $ZnSO_4$, 7,4 SiO_2, 4,2 H_2O, 1,62 Alkalisalze) und kann sofort zur Chloridfabrikation verwendet werden. Man kann auf diese Weise pro Woche 100 kg Al darstellen. Auch J. D. Darling, Th. C. Groß, W. Förster u. Co. (D. R.-P. 26705 v. 26. Sept. 83)[2]) gehen vom Alaun aus, den sie mit Alkalien fällen wollen. Der gallertartige Niederschlag soll nicht gereinigt sondern erst geglüht und dann ausgewaschen werden. Bekanntlich wäscht sich aber auch geglühte Thonerde schlecht aus. Im Allgemeinen dürfte in beiden Fällen die Thonerde 2—3 mal so theuer werden, wie bei der Darstellung aus Bauxit, und somit sind diese Methoden zu verwerfen.

1) Chem. Ind. 5 (1882) S. 195; Bull. Par. (N. S) 39 (1883) p. 425.
2) Chemiker-Ztg. 8 (1884) S. 693.

2) Herstellung des Doppelchlorids. Nach W. Weldon[1]) (Engl. P. 97 vom 8. Jan. 83) soll Kryolith ($6NaF, Al_2F_6$) mit Chlorcalcium oder einem anderen Chloride der Alkalien oder alkalischen Erden zusammengeschmolzen und so das Doppelchlorid gebildet werden. Der gewöhnlichen Methode folgt E. Foote[2]) (Engl. P. 4930 v. 16. Oct. 83), combinirt aber die erste und zweite Operation, indem er Bauxit calcinirt, pulvert und mit je seinem halben Gewichte an Kochsalz und Kohle vermischt. Das Gemenge wird mit Wasser angerührt, zu Stücken geformt, getrocknet und in einer Chloratmosphäre zur Rothgluth erhitzt. Das Doppelchlorid entweicht und trifft in einem zweiten Gefäße mit den reducirenden Natriumdämpfen zusammen. Aehnlich arbeitet auch W. Frishmuth[3]) (Amerik. P. 282622 v. 9. März 83; 308152 v. 18. Nov. 84). Es soll Korund mit Flußspath oder Fluornatrium geglüht, das gebildete Fluorid in nicht näher bezeichneter Weise in das Chlorid umgewandelt werden; oder auch das Aluminium enthaltende Material wird mit Kochsalz gemischt und in verticalen Retorten im Chlorstrome erhitzt. In beiden Fällen liegt also Combination von Operation 1 u. 2 vor.

3) Ersatz für das Doppelchlorid. In dieser Richtung ist, soweit nicht überhaupt ganz andere Darstellungsmethoden des Al angewendet werden, nur des Vorschlags von H. A. Gadsden[4]) zu gedenken (D. R.-P. 27572 v. 8. Aug. 83). Gleiche Theile Bauxit und Korund werden mit 10% Fluornatrium und Flußspath gemischt; das Ganze wird calcinirt, pulverisirt und mit 10% Holzkohle oder Oel vermengt, mit Chlorkalium und Chlornatrium als Flußmittel versetzt, getrocknet und gebrannt. Es hinterbleibt alsdann eine schwammartige Masse. Dieselbe wird auf den gelochten Boden einer Retorte gebracht, der die Zwischenwand zwischen dieser und einer zweiten darunter befindlichen Retorte bildet. Durch Erhitzen der Masse in der oberen Retorte entsteht Fluoraluminium, während in der unteren Retorte durch Erhitzen von 20 Thl. Soda mit 16 Thl. Holzkohle und 5 Thl. Kreide oder

1) Chem. Ind. 7. (1884) S. 92.
2) Ebendas. S. 343.
3) Chemiker-Ztg. 7 (1883) S. 1142; — 8 (1884) S. 1784.
4) Dingl. p. J. 253 (1884) S. 426.

Kalk Natriumdampf erzeugt wird. Dieser Dampf dringt durch den gelochten Zwischenboden und das Fluoraluminium und reducirt das Aluminium, welches schmilzt und nach dem Boden der Doppelretorte gelangt, von wo es abgezogen wird. Hier wäre also für das Doppelchlorid das Fluorid substituirt. Eine zweite von Gadsden herrührende Methode geht darauf aus, das Fluorid in das Chlorid zu verwandeln und hierauf zu reduciren. Das Fluorid wird wie oben gewonnen und dann in Chlorgas erhitzt. Das abdestillirende Chlorid (Al_2Cl_6) geht über Eisendrehspähne, wodurch es vom Eisenchlorid befreit werden soll. Endlich trifft das Aluminiumchlorid wieder mit Natriumdampf zusammen. Hier wäre also für das doppelte das einfache Chlorid angewendet; in beiden Fällen wird gleichzeitig die Darstellung von Thonerde umgangen.

4) Herstellung des Natriums. Im Allgemeinen ist hierüber zu erwähnen, daß man mehrfach Versuche gemacht hat, die gesonderte Gewinnung von Natrium und das Vermischen des Doppelchlorids mit ihm zu vermeiden, indem man direct die Dämpfe des Natriums auf diejenigen des Chlorids (Fluorids) einwirken läßt (siehe z. B. Methode von Foote, von Gadsden ꝛc.) In wie weit diese Versuche zu günstigen Resultaten geführt haben, ist noch nicht bekannt; jedenfalls wäre Ersparnis an Feuerungsmaterial bei Anwendung dieses Verfahrens zu erwarten. Ueber die verschiedenen neueren Methoden und Apparate zur Natriumdarstellung ist an dieser Stelle nicht zu berichten. Nur die theoretische Erörterung der Frage, wo Verbesserungen in der Natriumfabrikation einzusetzen haben würden, sei hier erwähnt; sie rührt von W. Weldon[1]) her. Die Reduction des Natriums aus seinem Oxyde erfolgt in der Weise, daß sich ein Theil des Na_2O verflüchtigt und bei der herrschenden Temperatur in $Na_2 + O$ zerlegt. Sobald diese Dissociation stattgefunden hat, verbindet sich der Kohlenstoff mit dem Sauerstoff zu Kohlenoxyd. Nun erleidet aber nur etwa $1/3$ des gesammten Natrons diese Dissociation, weshalb man die dreifache theoretische Menge an Natriumcarbonat zum mindesten zur Natriumfabrikation verwenden muß. Für 1 Tonne Natrium müssen 7 Tonnen Natriumcarbonat im Preise von circa 945 M.

1) Chemiker-Ztg. 7 (1883) S. 1379.

verwendet werden; es kommt alsdann 1 Tonne Natrium auf 5950 bis 6890 M. zu stehen (d. h. nach Tonnen dürfte Na kaum verkauft werden; man hat es also hier mit Umrechnung von Fabrikationspreisen zu thun. Es ist hier die deutsche Tonne = 1000 kg gemeint). Der hohe Natriumpreis ist mithin zweifellos von anderen Ursachen bedingt, als vom Preise des Rohmaterials. Diese Ursachen sind in der außerordentlich schnellen Abnutzung der gußeisernen Reductionsgefäße zu suchen; die fortwährende Neubeschaffung derselben macht etwa die Hälfte der gesammten Fabrikationskosten des Na aus. Wenn also in diesem Zweige der Fabrikation des Aluminiums wesentliche Verbesserungen an der alten Reductionsmethode herbeigeführt werden sollen, so müssen sie in erster Linie auf Beschaffung dauerhafterer Reductionsgefäße gerichtet sein.

5) Ersatz des Natriums durch andre Reductionsmittel. Es ist leicht erklärlich, daß in dieser Richtung die meisten Vorschläge gemacht worden sind. Dieselben scheinen jedoch sämmtlich unpraktisch oder unmöglich in der Ausführung zu sein, etwa mit Ausnahme der electrolytischen Abscheidung des Aluminiums. Insbesondere ist nach W. Weldon[1]) von vornherein Kohlenstoff und Kohlenoxyd als Reductionsmittel zu verwerfen, da dieselben aus thermochemischen Gründen niemals den gewünschten Erfolg herbeiführen können. Bei der Bildung von Thonerde aus $2Al + 3O$ werden 391600 Cal. frei; das betreffende Aluminiumreductionsmittel müßte also bei der Verbindung mit O mehr als 391600 Cal. entwickeln. Kohlenstoff thut dies aber nicht; nach der Gleichung $2Al_2O_3 + 3C = 2Al_2 + 3CO_2$ würden 261066 und nach der Gleichung $Al_2O_3 + 3C = Al_2 + 3CO$ 130533 Cal. erfordert werden; die Bildungswärme für CO_2 ist aber nur 97000 und die für CO nur 28800 Cal. Dieselben Verhältnisse machen die Verwendung von Kohlenoxyd und von Wasserstoff als Reductionsmittel für Al unmöglich. Der Gegenbeweis, daß Natron doch durch Kohlenstoff reducirt werde, obwohl seine Bildungswärme viel größer sei als die von CO, ist nicht stichhaltig, denn der Natriumreduction aus seinem Oxyd geht die Dissociation des letzteren voraus. Allerdings hat F. Fischer[2])

1) Dingl. p. J. 249 (1883) S. 86; Chemiker-Ztg. 7 (1883) S. 1379.
2) Dingl. p. J. 251 (1884) S. 422.

die Weldon'schen Behauptungen als unrichtig zurück zu weisen gesucht, insbesondere durch den Beweis, daß Wasserdampf durch Kohlenstoff bei 300 — 350° (wo also jede Dissociation ausgeschlossen ist) reducirt wird, obwohl die Bildungswärme von H_2O bedeutend höher ist als die von CO_2; trotzdem ist die Thatsache wohl unbezweifelbar, daß eine Reduction von Al_2O_3 durch C, CO oder H noch nicht gelungen ist. Denn daß einige Patente auf mit diesen Reductionsmitteln arbeitende Verfahren ertheilt worden sind, dürfte kaum als Gegenbeweis gelten. Diese Patente sind die folgenden. W. Frishmuth[1]) (Amer. P. 282622 v. 9. März 83) will Korund mit kohlehaltigen Materialien mischen und in einem Gefäße einer hohen Temperatur aussetzen, während gleichzeitig Natriumdampf eingeleitet werden soll. Hier ist wohl hauptsächlich das Na als Reductionsmittel anzusehen, der Kohlenstoff soll wahrscheinlich nur das sich bildende Na_2O wieder reduciren. Doch ist auch dieses Verfahren unwahrscheinlich. J. Morris[2]) (D. R.-P. 22150 v. 30. Aug. 82) vermischt eine Chlorcalciumlösung mit Holzkohlenpulver und Lampenruß, dampft bis zu genügender Zähigkeit ein und formt aus dem Rückstand Kugeln. Während des Abdampfens entweicht HCl. Die Kugeln werden getrocknet und in eisernen stark erhitzten Rohren mit Wasserdampf behandelt, wobei die letzten Chlorreste entfernt werden. Durch Erhitzen bei Luftabschluß befreit man die Kugeln von freiem und gebundenem Wasser und erhitzt sie schließlich 30 Stunden lang im Kohlensäurestrome zur Rothglut. Es soll nun die CO_2 durch den Kohlenstoff der Kugeln zu CO reducirt werden, das Kohlenoxyd aber das Aluminium der Thonerde reduciren. Das reducirte Metall soll in Form eines Schwammes zurückbleiben und durch Umschmelzen mit Kryolith- oder Kochsalzzusatz, sowie durch eine Art Bessemerproceß völlig gereinigt werden. W. P. Thompson[3]) endlich wendet eine ganze Menge Reductionsmittel gleichzeitig an, nämlich Wasserstoff, Kohlenstoff, Kohlenwasserstoffe und Eisen (Engl. P. 2101 v. 27. März 79). Als Reductionsapparat dient ein in der Mitte horizontal ge-

1) Chemiker-Ztg. 7 (1883) S. 1142.
2) Chem. Ind. 6 (1883) S. 266.
3) Ebendas. 3 (1880) S. 208.

theilter Bessemerconverter. In demselben schmilzt man Eisen oder eine Eisenlegirung (?) und läßt das flüssige Metall durch Neigen in die zweite Converterabtheilung gelangen. In diese zweite Abtheilung münden zwei Röhren, deren eine Wasserstoff oder Kohlenwasserstoff zuleitet, während durch die andere (geschmolzen oder vergast) einfaches oder doppeltes Chlorid oder Fluorid des Aluminiums eintritt. Der freie oder gebundene H überträgt das Cl oder F auf das Eisen; Eisenhalogenverbindung nebst dem überschüssigen Reductionsgase entweicht, eine Mischung aus C, Al und Fe bleibt zurück. Dieser Rückstand gelangt wieder in die erste Abtheilung, wo ein Luftstrom die Kohle verbrennt und Wasserstoff die Operation zu Ende führt. Man erhält eine Eisenaluminiumlegirung. Es ist leider nicht angegeben, was nun mit dieser Legirung geschehen soll.

Von vielen Seiten werden Metalle als Reductionsmittel vorgeschlagen, wie Eisen, Zink, Antimon ꝛc. In allen diesen Fällen wird voraussichtlich eine Aluminiumlegirung entstehen, und es ist fast stets fraglich, was damit gewonnen ist. F. Lauterborn[1]) will gepulverten Kryolith mit Wasser kochen, wobei sich NaF lösen und nur Al_2F_6 zurückbleiben soll (!). Das letztere soll mit Schwefelcalcium geglüht werden, wobei CaF_2 und Al_2S_3 entstehen. Das noch glühende Produkt soll nun mit Eisenspähnen gemischt und weiter erhitzt werden, wobei folgende Umsetzung stattfinden soll: $Al_2S_3 + 3Fe = 3FeS + Al_2$. Auf dem Papiere macht sich diese Reaction ganz schön; anders dürfte es mit der Ausführbarkeit in praxi stehen. Dasselbe gilt von dem zweiten Lauterborn'schen Verfahren. Ein Ofen wird mit Koks gefüllt; diese werden entzündet und wenn alles in Glut ist, beschickt man mit einem Gemische aus schwefelsaurer Thonerde, Soda und Schwefelantimon. Es entstehen zuerst Schwefelnatrium und Antimon. Letzteres in Gemeinschaft mit der Kohle entzieht dem Aluminiumsulfat S und O und bildet Schwefelantimon, welches mit dem Schwefelnatrium sich zu Natriumsulfantimoniat vereinigt, während Aluminium frei wird: (1) $2Sb_2S_3 + 6Na_2CO_3 + 3C = 6Na_2S + 9CO_2 + 4Sb$; (2) $2Al_2(SO_4)_3 + 6Na_2S + Sb + 12C = 4Na_3SbS_3 + 4Al + 12CO_2$. Aus dem Sulfantimoniat soll durch Schmelzen

1) Chemiker-Ztg. 5 (1881) S. 753; Dingl. p. J. 256 (1885) S. 226.

mit Soda wieder Antimon reducirt werden, so daß nur Erneuerung von Aluminiumsulfat, Soda und Kohle nöthig wäre. Als Nebenprodukt entstünde Schwefelnatrium. Nach J. J. Seymour und W. H. Brown[1]) (Engl. P. 1639 v. 17. Jan. 84) sollen natürlich vorkommende Thonerdeverbindungen, am besten Kaolin, mit Zinkerz, z. B. geröstetem zerkleinertem Galmei, ferner mit Kohle und einem Flußmittel vermischt werden. Als Flußmittel dient Kochsalz. Die Mischung wird in feuerfeste Retorten gebracht, deren conischer Verschlußstopfen eine sehr kleine Oeffnung besitzt. Es wird sehr stark erhitzt, wobei zunächst Zink, dann Aluminium reducirt wird (ersteres durch C, letzteres wohl durch das Zink?) und schließlich eine Zinkaluminiumlegirung entsteht. Diese läßt man durch Entfernen des Verschlußstopfens ab und unterwirft sie der Destillation, wobei das Zink sich verflüchtigt. W. Weldon[2]) will das nach seiner Methode gebildete Aluminiumnatriumchlorid durch metallisches Mangan oder durch Mangan und Natrium reduciren. Die Rolle des Mangans im zweiten Falle ist nicht ganz klar. Durch eine ganz eigenthümliche Reaction endlich will H. Niewerth (D. R.-P. 27 142 v. 25. Jan. 83)[3]) das Aluminium gewinnen. Ein Schachtofen wird mit drei Einsätzen beschickt: einem Gemische aus Soda, Kohle, Schwefel und Thonerde; dann mit Aluminiumsulfat; endlich mit einem Gemische aus Natrium- und Kaliumchlorid als Flußmittel. Durch den Ofen streicht bei hoher Temperatur Wassergas. Diese hohe Temperatur bei Gegenwart reducirender Gase verhindert jede Oxydation, weshalb der Schwefel mit dem Kohlenstoff sich zu CS_2 vereinigt. Aus Thonerde und Soda bildet sich durch Einwirkung des Schwefelkohlenstoffs Al_2S_3 und Na_2S. Jetzt findet eine der Reaction (2) von Lauterborn ähnliche Wechselwirkung zwischen $Al_2(SO_4)_3$ einer- und Al_2S_3 und Na_2S andrerseits statt, deren Produkte SO_2, Na und Al sein sollen. Die beiden ersteren verflüchtigen sich, Aluminium bleibt zurück und schmilzt in der Schmelzzone des Ofens; am Boden wird das Metall abgestochen

Zuletzt sei der elektrolytischen Gewinnung des Aluminiums gedacht, die vielleicht von allen neueren Methoden

1) Chem. Ind. 8 (1885) S. 144.
2) Ebenda 7 (1884) S. 92.
3) Dingl. p. J. 254 (1884) S. 388.

die meiste Aussicht auf Erfolg hat. Zu unterscheiden sind diejenigen Methoden, bei denen eine Aluminiumlösung elektrolysirt wird, von denjenigen, bei welchen eine geschmolzene Aluminiumverbindung zur Benutzung gelangt. Mit einer Lösung von Natriumaluminiumchlorid arbeitet H. Barin [1]) (Engl. P. 2888 v. 9. Juni 83). Als negative Elektrode dient Retortenkohle oder eine Aluminiumplatte, als positive ein inniges Gemisch aus Thonerde und Kohle. Das an letzterer Elektrode entwickelte Chlor bildet mit dem Aluminium der Thonerde wieder Chloraluminium, wodurch die Lösung stets concentrirt erhalten wird; der O der Thonerde soll sich mit dem C zu CO vereinigen. J. Braun [2]) (D. R.-P. 28700 v. 8. Dec. 83) will eine Alaunlösung von D = 1,03 — 1,07 elektrolysiren. Die bei der Zersetzung frei werdende Schwefelsäure soll durch Alkalizusatz neutralisirt und zur Vermeidung des Ausfallens von Thonerde Weinsäure in die Lösung gebracht werden. — Mit geschmolzenen Salzen wird in folgenden Fällen gearbeitet. H. M. A. Berthaut [3]) (Engl. P. 4087 v. 9. Oct. 79) will Natriumaluminiumchlorid (Schmelzpunkt 180 — 200°) schmelzen und durch den Strom einer elektrodynamischen Maschine zersetzen. Als lösliche positive Elektrode soll ein Gemisch aus Kohle und Thonerde dienen, welches zur Elektrodenform comprimirt wurde. R. Grätzel will nach seinem bereits beim Magnesium (Seite 334) beschriebenen Verfahren auch Aluminium gewinnen. Das Schmelzgefäß kann in diesem Falle aus Kupfer, Eisen oder Stahl bestehen. Dasselbe wird mit dem Chlorid oder Fluorid beschickt. Ins Innere des Isolirmantels werden Stangen aus $Al_2O_3 + C$ eingestellt. Statt das Gefäß selbst als Elektrode zu benutzen, kann man es aus Porcellan, Thon u. s. w. herstellen, und Einsätze aus Metall (Al) als Elektrode verwenden. A. Zdziarski [4]) (Engl. P. 3090 v. 11. Febr. 84) schmilzt Kryolith mit Flußmitteln in einem Tiegel, in welchem sich geschmolzenes Kupfer oder Messing befindet. Dies letztere bildet die negative, ein Kohlenstab die positive Elektrode. Bei starkem elektrischen Strome wird Aluminium abgeschieden, welches sich sofort mit

1) Biedermanns Jahrb. 6 (1885) S. 47.
2) Chem. Ind. 7 (1884) S. 351.
3) Biedermanns Jahrb. 3 (1882) S. 74.
4) Chem. Ind. 8 (1885) S. 144.

dem geschmolzenen Kupfer oder Messing zu Aluminiumbronce vereinigt. Endlich L. Lossier[1]) (D. R.-P. 31089 v. 19. März 84) verwendet als Bad geschmolzenes Fluoraluminium oder ein Gemisch desselben mit den Chloriden der Alkalimetalle. Der Zersetzungstiegel ist U-förmig gestaltet und enthält in jedem Schenkel eine aus Preßkohle gefertigte Elektrode. Die Anode ist mit gut aufgetrocknetem Aluminiumsilicat bedeckt. Der Strom einer elektrodynamischen Maschine zersetzt das Al_2F_6, so daß an der Kathode metallisches Al an die Oberfläche des Bades gelangt. Am positiven Pole entsteht unter dem Einflusse des Fluors auf das Silicat von neuem Fluoraluminium, welches das Bad anreichert. Durch einen besonderen Kanal am oberen Ende des Anodenschenkels entweichen Fluorsilicium und Kohlenoxyd. — Zu bemerken ist, daß durch die elektrolytische Gewinnung des Al für die meisten Fälle die erste und zweite Operation des gewöhnlichen Deville'schen Verfahrens keineswegs erspart bleiben, daß aber — immer die praktische Möglichkeit der angeführten Methoden vorausgesetzt — allerdings die Kosten der dritten Operation wesentlich geringere sein dürften.

Schluß. Ueberblickt man noch einmal die verschiedenen Ursachen, welche bis jetzt die allgemeinere Verwendung des Aluminiums verhindern, und die Schwierigkeiten, welche sich der Gewinnung dieses Metalls im Großen entgegenstellen und seinen hohen Preis bedingen, so wird man zu folgenden Schlüssen gelangen. Man muß zur Herstellung des Aluminiums entweder eine ganz neue Methode finden oder die Kosten des alten Verfahrens wesentlich herabmindern. Von den Versuchen neuer Darstellungsmethoden hat bis jetzt wohl allein die elektrolytische Gewinnung einige Aussicht auf Erfolg, ist aber bisher kaum für Darstellung im Großen ausgebildet und wird auch mit mancherlei Schwierigkeiten zu kämpfen haben; sie setzt ferner ebenfalls die Beschaffung eines geeigneten Materials voraus, welches aus den von der Natur gebotenen Rohmaterialien in den meisten Fällen erst fabrikmäßig hergestellt werden muß. Verbesserungen an dem alten Verfahren werden sich in erster Linie auf billigere Beschaffung des Natriums oder Ersatz desselben durch ein

1) Chemiker-Ztg. 9 (1885) S. 1052.

billigeres Reductionsmittel zu erstrecken haben. In letzterer Hinsicht scheinen bis jetzt alle Versuche erfolglos gewesen zu sein; eine billigere Natriumgewinnung wird insbesondere durch Verwendung widerstandsfähiger Reductionsgefäße zu erzielen sein. Endlich wird auch eine billigere Erzeugung des Doppelchlorids, ein billigerer Ersatz für dasselbe und die Combination der ersten und zweiten Operation einen günstigen Einfluß auf den Preis des Aluminiums haben. Es steht zu hoffen, daß die Zukunft doch noch das Problem einer billigen Gewinnung des Metalls aus Thonerde und ihren Verbindungen lösen werde, nachdem bereits so zahlreiche Vorversuche über die Schwierigkeiten dieser Aufgabe und den richtigen Weg zu ihrer Lösung Aufklärung gegeben haben.

Nickel.

Das Atomgewicht des Nickels hat H. Baubigny[1]) bestimmt, indem er chemisch reines Nickelsulfat bei Goldschmelzhitze in Nickeloxydul (NiO) umwandelte. Es ergab sich für S = 32 das Atomgewicht des Nickels zu 58,678; für S = 31,98 wäre also Ni = 58,641. — A. Ledebur[2]) hat darauf hingewiesen, daß Nickel und Neusilber mitunter Sauerstoff enthalten, der die Eigenschaften derselben wesentlich alterirt. So enthielt ein sprödes undehnbares Nickel aus Pfannenstiehl 0,304% O; ein zu Blech ausgewalztes und gebördeltes dehnbares Nickel blos 0,084% O; ferner dehnbares Fleitmann'sches Nickelblech aus Iserlohn 0,095% O und gegossenes Neusilber 0,061% O. Nun beraubt ein Gehalt an fremden Stoffen, allerdings insbesondere von Kohle, das Nickel mehr oder minder seiner Dehnbarkeit. Das durch Schmelzung mit Kohle gewonnene Nickel ist stets kohlenstoffhaltig, wird aber durch einen Gaarungsproceß fast kohlenstofffrei gemacht. Die Schmelzung des Nickels kann der hohen Schmelztemperatur des Metalls wegen nur in einer stark oxydirenden Gasatmosphäre vorgenommen werden, was natürlich auch von der Gaarung gilt. Dabei nimmt das Nickel nun Sauerstoff auf und zwar wohl unter chemischer Bindung. So lange noch C vorhanden ist,

1) Compt. rend. 97 (1883) p. 951.
2) Chemiker-Ztg. 9 (1885) S. 304.

dürfte dieser Oxydation zu CO erleiden; das Kohlenoxyd scheint im flüssigen Nickel löslich zu sein, es entweicht aber beim Erstarren, wodurch Blasenbildung bewirkt wird. Sobald aber aller C oxydirt ist, wird O absorbirt oder gebunden und hierdurch die Dehnbarkeit des Nickels vermindert, ja aufgehoben. Soll also das Nickel dehnbar erhalten werden, so muß man ihm einen Körper beimischen, welcher den O bindet, resp. die Nickelsauerstoffverbindung reducirt. Hierzu dient bei dem Fleitmann'schen Verfahren Magnesium, in anderen Processen Phosphor oder Mangan (Siehe dieses Jahrb. XV, S. 348; XVIII, S. 380), auch ein geringer Zinkzusatz. Die betreffenden Oxyde sind im Nickel unlöslich und verschlacken also. Zu bemerken ist, daß die Entkohlung des Metalls durch Zink nicht verhindert wird, denn die Verwandtschaft des Kohlenstoffs zum Sauerstoff ist bei der herrschenden hohen Temperatur bedeutend höher als diejenige zwischen Sauerstoff und Zink; erst nach Beseitigung des C tritt das Zink in Wirksamkeit.

Die Verwendung des Nickels[1]) ist eine sehr vielfache geworden. Die älteste Verwendung ist die zu Legirungen, wie Packfong, Neusilber rc. Weiter führte die schwere Oxydirbarkeit des Nickels dazu, andere leicht angreifbare Metalle zu vernickeln, ursprünglich nur galvanisch, neuerdings auch durch Nickelplattirung. Auch zu Guß wird das Metall jetzt benutzt, insbesondere nach Zusatz von etwas Zink. In gewalzter Form, also in Blechen, findet es mancherlei Anwendung, z. B. zu Anoden. Minder wichtig endlich ist die Benutzung des Metalls zu Schmuckgegenständen und Tulaemaille, besonders für emaille cloisonné mit hartflüssigen Schmelzfarben, und des Oxyduls zu keramischen Zwecken. Nickelplattirte Eisengefäße kommen neuerdings als Kochgeschirre in den Handel. K. Birnbaum hat ihre Brauchbarkeit untersucht[2]) und gefunden, daß dieselben nur mit großer Vorsicht verwendbar sind, da organische Säuren, insbesondere bei Gegenwart von Kochsalz, die Plattirung stark angreifen. Dabei geht Nickelsalz in Lösung. Und zwar wirken Säuren am kräftigsten in der Hitze auf das Nickel ein, doch auch in der Kälte findet fortdauernde Auflösung des Metalls statt. Da gewisse Nickelsalze, insbeson-

1) Dtsch. Industrieztg. 24 (1883) S. 155.
2) Dingl. p. J. 249 (1883) S. 515; — 250 (1883) S. 421.

dere das Chlorür und das Acetat aber giftig sind, so wird man in nickelplattirten Gefäßen, besonders in der Hitze, bereitete säurehaltige Speisen immerhin als gesundheitsnachtheilig ansehen müssen. Neuerdings werden Nickelapparate und Nickelgefäße für Laboratoriumszwecke empfohlen.[1]) So verwendet M. Mermet Nickeltiegel an Stelle der silbernen zum Schmelzen von Aetzalkalien. Von denselben werden zwar Nickeltiegel etwas angegriffen, aber sie schmelzen dafür viel schwerer als Silbertiegel. Dittmar weist nach, daß Nickeltiegel viel härter sind als solche aus Silber, die Wärme aber viel schlechter leiten als letztere. Deshalb kann man z. B. Schalen, in denen alkalische Laugen gekocht worden sind, am Rande ohne Verbrennen anfassen. Nickelschalen werden erst von Laugen mit über 60% $NaOH$ oder KOH angegriffen. Endlich werden Nickeltiegel durch schmelzendes Alkali überhaupt nicht angegriffen, wenn man unter Luftausschluß, z. B. in H arbeitet. Auch nach F. Stolba[2]) sind aus dehnbarem Nickel gefertigte Schalen ein vorzüglicher Ersatz für Platin. Am meisten leiden sie durch directe Berührung mit glühender Kohle. Man kann in ihnen (oder in Nickeltiegeln) salpetersaure wie ätzende Alkalien schmelzen. Allerdings werden sie von Säuren, außer von concentrirter Schwefelsäure angegriffen; vielleicht sind aber Nickelapparate zur Darstellung von HF verwendbar. Empfehlenswerth sind: Schutzbleche aus Nickel, Muffeln, Wasserbäder, Spatel, Pincetten, Zangen, Dreifüße, Drahtnetze ꝛc. aus Nickel.

Ueber galvanische Vernickelung liegen zahlreiche Mittheilungen vor (vergl. dies. Jahrb. XIV, S. 430.) Nach G. Langbein[3]) müssen bei diesem Verfahren folgende Regeln befolgt werden. Zunächst muß das Bad neutral sein. Da sich manchmal von den Nickelanoden nicht ganz die gleiche Menge Nickel löst, welche aus dem Bade abgeschieden wird, so kann das Bad während der Operation sauer werden. Diese Säure muß man mit Ammoniak neutralisiren. Etwaige Alkalinität wird durch Zusatz von Schwefel-, Citronen- oder Weinsäure beseitigt. Die Temperatur der Bäder soll mindestens + 15° betragen, der elektrische Strom darf nicht zu stark sein und die Beschaffenheit der Nickelano-

1) Fresenius Ztschr. f. anal. Chem. 24 (1884) S. 75.
2) Chemiker Ztg. 9 (1885) S. 673.
3) Chem. Centralbl. 14 (1883) S. 794.

den ist von großem Einflusse; am besten werden sie aus reinstem Walzblech hergestellt. Die zu vernickelnden Gegenstände müssen erst entfettet werden, was durch Natronlauge oder bei feineren Gegenständen durch Kalkmilch oder Benzin in der Kälte bewirkt wird. Nach dem Entfetten müssen sie noch vom Anlauf mechanisch oder chemisch (durch Kratzen, Bürsten, Einlegen in Säure ꝛc.) befreit werden Besondere Sorgfalt ist auf Regelung des Stromes[1]) zu verwenden. Ist derselbe nämlich zu stark, so bildet sich ein grauer krystallinischer Niederschlag. Je schwächer der Strom, um so härter und dichter und somit um so politurfähiger wird die Vernickelung. Der Niederschlag bildet sich auf der der Anode zugekehrten Waarenfläche am schnellsten und dichtesten, weshalb die Stücke umgehängt werden müssen. Als Bad zur Vernickelung für alle Metalle außer Eisen empfiehlt sich ein Gemisch aus Nickelammonsulfat und Nickelacetat. Man kocht 200 g Nickelammonsulfat, 400 g Nickelcarbonat und 10 Lit. Wasser eine halbe Stunde, läßt auf 40° erkalten und neutralisirt mit Essigsäure. R. P. Herrmann[2]) macht übrigens darauf aufmerksam, daß manche Arbeiter schon von der bloßen häufigen Berührung mit den Lösungen zur Vernickelung Hautausschläge bekommen. — Um die Vernickelung zu verbessern, werden mancherlei Zusatzmittel zum Bade angewendet. So will E. Weston[3]) Borsäure beimischen, wodurch die Elektrolyse besonders glatt verlaufen, namentlich die Bildung basischer Nickelsalze an der Kathode verhindert werden soll. 5 Thl. Nickelchlorür + 2 Thl. Borsäure oder 2 Thl. Nickelsulfat + 1 Thl. Borsäure werden als passende Gemenge empfohlen. Das Bad wird so lange mit Kali, Natron oder Kalk versetzt, bis sich der Niederschlag nur noch langsam auflöst. Die Vernickelung aus diesem Bade soll weich, biegsam und hämmerbar sein. Powell[4]) will alkalische Nickellösungen mit 1—8 g Benzoësäure pro Liter versetzen oder sogleich benzoësaures Nickel zugeben. Die Lösung soll haltbar sein, die Anoden lösen sich rasch und vollständig, das specifische Gewicht der Lösung bleibt ungeändert, der Ueberzug wird hart, fest anhaftend, gleichmäßig und silberweiß.

1) Chemiker-Ztg. 9 (1885) S. 925.
2) Dtsch. Industr.-Ztg. 24 (1883) S. 457.
3) Chemiker-Ztg. 5 (1881) S. 42.
4) Ebenda S. 147.

J. Vandermersch[1]) (D. R.-P. 23716 v. 12. Nov. 83) will durch Zusatzmittel, wie Bor-, Benzoë-, Salicyl-, Gallus- oder Pyrogallussäure, sowie von 10 Tropfen schwefliger, Schwefel-, Ameisen-, Milch- oder Salzsäure pro 1 Lit. des Bades einen stärkeren Niederschlag, als bisher möglich war, erzeugen. Die erstgenannten Säuren sollen die Unreinigkeiten in Lösung erhalten, so daß sich reines Metall ausscheidet und die letztgenannten Säuren angeblich die Polarisation an der Kathode aufheben. Im Allgemeinen ist der Gegenstand des Patents, nämlich die Verwendung organischer Säuren oder der Borsäure ꝛc., eben schon von Weston und Powell vorgeschlagen worden. — Ueber Zinkvernickelung macht H. Meidinger[2]) Mittheilungen. Zink ist ziemlich schwer in den gewöhnlichen Nickelbädern zu vernickeln, weshalb man das Zink in der Regel erst verkupfert. Mehr empfiehlt sich das vorherige Amalgamiren. Wird Zink in Quecksilberlösung getaucht, so kommt es auf die Einwirkungsdauer an, ob bloß oberflächliche Amalgamation oder tieferes Eindringen des Quecksilbers stattfindet. Eine concentrirte Lösung von Quecksilbersalz macht ein Zinkblech von 1 mm Stärke in einigen Augenblicken brüchig. Hieraus folgt, daß man mit dem Amalgamiren vorsichtig sein muß. Amalgamirtes Zink läßt sich alsdann schon bei schwachen Strömen gut vernickeln, während reines Zink nur einen schlecht anhaftenden gelben bis braunen Ueberzug bekommt. Es ist möglich, daß man nach Ebermeyers Verfahren das Zink direct vernickeln kann.[3]) Darnach sollen die Zinkgegenstände abgebeizt und gewaschen und dann in das Nickelbad gebracht werden, jedoch nur auf kurze Zeit. Dann werden die Stücke abgekratzt und abgebürstet und abermals eingehängt. So fährt man mit Wiederholung dieser Operationen fort, bis eine gleichmäßige fest haftende Nickelschicht erzeugt ist. — Wichtig ist endlich die Eisenvernickelung. In Nordamerika vernickelt man Eisenbleche wie folgt.[4]) Die Bleche werden auf Schmirgelscheiben abgeschliffen, alsdann in Natronlauge getaucht, gewaschen, hierauf mit Schwefel- oder Salzsäure gebeizt und schließlich mit Bimsstein gescheuert. Die Vernicke-

---

1) Dingl. p. J. 251 (1884) S. 69.
2) Ebenda 249 (1883) S. 90.
3) Chem. Centralbl. 15 (1884) S. 464.
4) Ebenda 13 (1882) S. 541.

lungsflüssigkeit besteht aus 340 g Nickelammonsulfat in reichlich 4,5 Lit. Wasser; sie wird stets neutral gehalten. Als Vernickelungsgefäß dienen hölzerne Kästen mit Asphaltfutter. Ueber dem Bade liegen Kupferstangen, die mit den Polen in Verbindung stehen. An die mit dem negativen Pole verbundenen Stangen hängt man die gereinigten Eisenbleche mit Hülfe von Eisendrähten, während an die zum positiven Pole führenden Kupferstäbe gegossene Nickelplatten als Anoden gehängt werden. Den Strom liefert eine elektrodynamische Maschine; das Vernickeln selbst dauert 10—15 Minuten. Die fertigen Bleche werden erst mit kaltem, dann mit warmem Wasser abgewaschen und an der Luft getrocknet. W. v. Dadelsen[1]) bemerkt, daß die Reinigung der Eisengegenstände sehr vorsichtig geschehen muß, insbesondere die Reinigung mit Schwefelsäure, weil bei concentrirter Säure oder zu langem Einlegen leicht Kohle frei gelegt wird, an welcher der Nickelüberzug nicht haftet. Ferner müssen die Anoden absolut kupferfrei sein, um starke weiße Niederschläge zu geben; aus diesem Grunde sind besonders die fast kupferfreien amerikanischen Anoden geeignet. Der Strom muß schwach und völlig gleichmäßig sein; ferner muß das Bad Doppelsalz enthalten, da sich Eisen im Bade von einfachem Salze nicht vernickeln läßt. Die Vernickelung muß schließlich durch Politur mit Leder ihren hohen Glanz erhalten. Von anderer Seite wird geltend gemacht, daß mit Säure gereinigtes vernickeltes Eisenblech sehr geneigt ist, zu rosten, wodurch natürlich die Vernickelung zerstört wird.[2]) Deshalb empfiehlt es sich, die Eisengegenstände mit einem Sandstrahlgebläse zu decapiren; auf der hierdurch erhaltenen matten Fläche haftet auch die Vernickelung viel besser. Als Bad für galvanische Vernickelung von Eisen wird auch das folgende empfohlen[3]): 10 Lit. destillirtes Wasser werden zum Sieden erhitzt, 300 g schwefelsaures Nickel zugegeben und nach und nach wird soviel Nickelcarbonat zugesetzt, bis das Bad noch ganz schwach sauer reagirt. Von Zeit zu Zeit wird die alkalische Reaction durch Citronen- oder Essigsäure beseitigt. Hier wäre also eine einfache Nickelverbindung im Bade enthalten, und deshalb ist fraglich, ob das Bad brauchbar sein wird.

1) Dtsch. Industrieztg. 23 (1882) S. 486.
2) Ebenda 24 (1883) S. 155.
3) Chemiker-Ztg. 9 (1885) S. 925.

Nickelsalze. — Das wasserfreie Nickelchlorür gewinnt man nach A. Potilitzin[1]) wie folgt. Das käufliche Metall wird fein gepulvert und dann in einer schwer schmelzbaren Glasröhre in einem langsamen Strome von trocknem Chlor erhitzt. Es bilden sich zusammengebackene Krystallmassen, an der Oberfläche mit einigen Krystallschüppchen besetzt. Die fremden Beimischungen des Nickels (Fe, Cu, As) werden schon bei der Darstellung zum großen Theil als Chloride sublimirt sein; zu ihrer völligen Entfernung erhitzt man aber das Nickelchlorür noch mehrfach im Chlorstrome. Das wasserfreie Nickelchlorür bildet goldgelbe Krystalle mit metallischem Reflex. Beim Liegen an der Luft verändert es sich nicht wesentlich, bekommt aber ein fettiges Anfühlen und wird leichter löslich im Wasser. Bei sehr langem Liegen in feuchter Luft zerfließt es zuerst zu einer citronengelben, später grünen Flüssigkeit. Kaltes Wasser löst $NiCl_2$ nur äußerst langsam, auch kochendes Wasser nur allmählich. Will man die zusammengebackenen Massen von dem leicht im Inneren zurückgehaltenen Metall befreien, so löst man sie in salzsäurehaltigem Wasser und krystallisirt um. Das wasserhaltige Chlorür trocknet man erst über Schwefelsäure, dann im Luftbad bei 100° und macht es schließlich durch vorsichtiges Erhitzen im Strome von HCl + Cl wasserfrei. Eine Chlorürlösung von 0,1% wirkt nach H. Schulz[2]) kräftig antiseptisch, besonders auf Eiweißstoffe; bekanntlich sind aber Nickelsalze giftig.

Kobalt.

Ueber das Kobaltblau von Sèvres (Sèvres-Blau) macht Ch. Lauth[3]) ausführliche Mittheilungen. Zur Herstellung der Farbe werden 15 Thl. möglichst reines Kobaltoxyd mit 85 Thl. fein geriebenem Pegmatit (einer Art Granit) vermischt. Die Mischung wird gefrittet, jedoch unter strenger Vermeidung des Schmelzens und die schwärzlichgraue gesinterte Masse abermals pulverisirt. Dies Kobaltblau ist eine Farbe über der Glasur, wenigstens fällt es unter der Glasur minder schön aus. Sie wird mit einem Pinsel aufgetragen, nachdem man sie mit Dicköl ange-

1) Berl. Ber. 17 (1884) S. 1309.
2) Chem. Centralbl. 14 (1883) S. 566.
3) Bull. Par. (N. S.) 39 (1883) p. 435.

rieben hat. Letzteres wird aus einem Gemisch von gewöhnlichem und von durch Oxydation theilweise verharztem Terpentinöl hergestellt. Man trocknet die aufgetragene Farbe bei gelinder Temperatur, wobei sich das flüchtige Oel verflüchtigt, das verdickte Oel dagegen zurückbleibt und so die Farbe auf dem Porzellan festhält. Mitunter wird indessen dieses verharzte Oel vor dem Brennen durch Einbringen des gemalten Gegenstandes in eine Muffel und Erhitzen bis zur Rothgluth zerstört. Das Brennen geschieht in gewöhnlicher Weise nach dem Einkapseln im scharfen Porzellanfeuer. Ist die Farbe des gebrannten Gegenstandes nicht tadellos ausgefallen, so ist der betreffende Gegenstand in den meisten Fällen als verloren anzusehen. Die unglücklichen Zufälle, welche dies bewirken können, sind die Abbröckelung (grésillement), die Verschiebung (déplacement) und die Metallisirung. Bei der Abbröckelung erscheint die Oberfläche von kleinen Vertiefungen bedeckt und also uneben; das Blau ist entweder stellenweise ganz verschwunden oder von Rissen verdeckt. Bei der Verschiebung concentrirt sich das Blau an Flecken, an denen es nicht oder nicht in dieser Stärke auftreten soll, während gefärbt gewünschte Stellen weiß erscheinen; die Oberfläche ist also zwar glatt und gleichmäßig glasirt, aber mehr oder minder unregelmäßig gefleckt. Bei der Metallisirung endlich treten inmitten der Glasur spiegelnde oder schwarze Punkte auf. Die schlimmste Verunglückung der Waare wird durch die Abbröckelung bezeichnet, weil hier die Waare unter allen Umständen verloren ist. Die Abbröckelung wird durch reducirende Ofengase bewirkt; sie tritt nur da im Ofen ein, wo nicht völlig verbrannte Gase vorhanden sind. Wahrscheinlich werden im Momente des Schmelzens der blauen Farbe Alkalimetalle reducirt, die sich verflüchtigen und so die Vertiefungen erzeugen. Diese Reduction ist erst gegen das Ende des Brennens hin möglich, weil dann die Farbe schmilzt und die Temperatur hoch genug ist. Man kann die Abbröckelung fast vermeiden, wenn man Oefen **à flammes renversées** anwendet. Die Verschiebung kommt selten bei großen, sehr häufig bei kleinen Gegenständen vor. Sie wird bewirkt durch Verflüchtigung des verdickten Terpentinöls, welches sich an den Gefäßen selbst theilweise wieder condensirt, wenn nicht genügend freier Raum zur Verflüchtigung gegeben ist; dies ist aber besonders bei

kleinen Gegenständen der Fall. Steigt dann die Temperatur, so wird das Oel schließlich zersetzt und die von ihm gewissermaßen mit getragene Farbe bleibt an der falschen Stelle haften. Gegen die Verschiebung hilft das dem Brennen vorangehende Erhitzen der Gefäße bis zur Rothgluth in Muffeln; freilich wird das Verfahren hierdurch wesentlich vertheuert. Die Metallisirung endlich erfolgt nur, wenn die Farbe lange Zeit bei ihrer Schmelztemperatur gehalten wird, also bei zu langsamer Temperatursteigerung. Sie beruht auf Metallreduction und wird aufgehoben durch stärkeres Erhitzen bei Luftzutritt.

A. Gorgeu[1]) hat das Kobaltoxyduloxyd in Kryställchen erhalten. Läßt man bei Kirschrothgluth Luft auf das geschmolzene Kobaltchlorür einwirken, so entstehen Kryställchen von Co_3O_4. Man erhitzt das Chlorür, bis eine genügende Menge desselben verdampft ist, und fügt von Zeit zu Zeit frisches Salz hinzu. Ueber dem geschmolzenem Chlorür bildet sich ein Ring von schön glänzenden meßbaren Krystallen. Man wäscht sie mit Wasser und trennt sie von den violetten Partikelchen; es ergiebt sich alsdann, daß Co_3O_4 nicht isomorph mit Mn_3O_4 ist. Läßt man die Temperatur bis zur hellen Rothgluth steigen, so verwandelt sich das Oxyduloxyd in Oxyd.

Ueber das Kobaltchlorür[2]) berichtet A. Potilitzin Folgendes. Das gewöhnliche Kobaltchlorür hat die Formel $CoCl_2 + 6H_2O$. Bei $45-52^0$ oder bei gewöhnlicher Temperatur über Schwefelsäure verliert es $4H_2O$. Wird das Salz auf 100^0 erhitzt, so bleibt $CoCl_2 + H_2O$ zurück, ein Salz von violetter Farbe. Letzteres Salz erhält man auch in Krystallnadeln, wenn man eine Lösung des Salzes mit $6H_2O$ bei $90-95^0$ verdampft Erst bei $110-120^0$ wird das Salz wasserfrei, gleichzeitig geht aber auch etwas Cl fort und O tritt ein, so daß ein basisches Salz entsteht. Dieses wasserfreie Salz ist blau. Aehnliche Farbenänderungen des Kobaltchlorürs rufen auch hygroskopische Substanzen hervor, z. B. Alkohol, Salzsäure, selbst Filterpapier. Das in der Weise des wasserfreien Nickelchlorürs (siehe S. 378) hergestellte wasserfreie Kobaltchlorür bildet

1) Compt. rend. 100 (1885) p. 175.
2) Bull. Par. [5] 42 (1884) p. 317; Berl. Berichte 17 (1884) S. 276. 1309.

durchsichtige blaue Krystallschuppen, zieht an der Luft Feuchtigkeit an und wird dabei erst violett, dann rosenroth und undurchsichtig. Wasser wirkt nur allmählich auf dasselbe ein, indem sich das Salz rosenroth färbt und schließlich auflöst. W. Rückert[1]) (D. R.-P. 28520 v. 20. Dec. 83) will von der Hygroskopität wie vom Farbenwechsel des Kobaltchlorürs Gebrauch machen, um einerseits „die Luftfeuchtigkeit zu erkennen", andrerseits „lichtregulirende Farben" zu erzeugen. 1 Thl. Kobaltchlorür mit 10 Thl. Gelatine und 100 Thl. Wasser vermischt giebt eine blaue Farbe; wendet man statt des Kobaltchlorürs das des Kupfers an, so entsteht eine gelbe Farbe und ein Gemisch aus 1 Thl. Kobaltchlorür + 3/4 Thl. Nickeloxydulnitrat + 1/4 Thl. Kupferchlorür + 20 Thl. Gelatine + 200 Thl. Wasser bildet eine grüne Farbe. An den Farbenänderungen dieser Mischungen erkennt man den Wechsel der Luftfeuchtigkeit. Um sie als Lichtregulatoren zu benutzen, soll man die Fenster erst mit Gelatine überziehen und dann die Mischung aufpinseln. Bei trübem Wetter soll die Farbe farblos erscheinen, bei hellem dagegen das Licht dämpfen.

Die Zusammensetzung der basischen Kobalt- und Nickelsalze, welche entstehen, wenn man kochende Lösungen der neutralen Salze so lange mit sehr verdünntem kochendem Ammoniak versetzt, als noch Fällungen auftreten, hat J. Habermann[2]) studirt. Er fand die folgenden Verbindungen: $5CoO,SO_3,4H_2O = CoSO_4 + 4Co(OH)_2$ blauer flockiger Niederschlag. $4CoO,N_2O_5,6H_2O = Co(NO_3)_2 + 3Co(OH)_2 + 3H_2O$ blauer Niederschlag, an der Luft O absorbirend. $CoCl_2,3CoO,3\,{}^1/_2H_2O = 2CoCl_2 + 6Co(OH)_2 + H_2O$ pfirsichblüthfarbner Niederschlag. $7NiO,SO_3,7H_2O + 3H_2O = NiSO_4 + 6Ni(OH)_2 + 4H_2O$ geblichgrünes Pulver, bei 100° das Krystallwasser verlierend. $8NiO,2N_2O_2,5H_2O = 2Ni(NO_3)_2 + NiO + Ni(OH)_2$ weißgrünes Pulver.

Ueber die Kobaltammoniakverbindungen (Luteo- und Roseosalze) liegen zwar zahlreiche Mittheilungen vor, namentlich von S. M. Jörgensen, doch muß für diesen Jahrgang auf ein Referat über dieselben verzichtet werden.

---

1) Dingl. p. J. 255 (1885) S. 86.
2) Ber. Ber. 17 (1884) R. S. 464.

Iridium.

Die Gewinnung, Bearbeitung und Verwendung dieses seltenen Metalls ist in fast erschöpfender Weise von R. W. Perry [1]) besprochen worden. Dieser ausführlichen Abhandlung entnehmen wir folgende Mittheilungen. Das Iridium wurde gemeinsam mit dem Osmium 1804 von S. Tennant in Platinrückständen von der Bereitung des Chlorids aufgefunden. Iridium findet sich in beträchtlichen Mengen in den Platinerzen, und zwar in Körnern oder seltner in Würfeln mit abgerundeten Ecken als Platiniridium und in flachen unregelmäßigen Körnern oder selten in hexagonalen Prismen als Iridosmin oder Osmiridium. Letzteres nennt man auch „native iridium". Es tritt vergesellschaftet mit anderen seltenen Metallen, z. B. mit Platin, Rhodium, Ruthenium, Palladium auf, doch auch mit Eisen und Kupfer legirt. Hauptfundorte sind Statoust, Kyschtimsk und Katharinenberg im Ural; letzterer Ort z. B. producirt jährlich fast 600 g des Metalls. Außerdem findet sich Osmiridium noch in fast allen Goldregionen (s. dies. Jahrb. XVIII, S. 391.) Die Härte des Osmiridiums beträgt 6 — 7, seltner 8; die Zusammensetzung ist ungefähr 70 — 75% Ir, 18 — 20% Os, 5 — 12% Pt, Ru, Pd und Spuren von Fe und Cu. Die Farbe ist stahlgrau bis stahlblau; das uralische Osmiridium ist sehr platinreich (bis 33%) und daher auch schwerer, dichter, bläulicher und härter. Diese Eigenschaften machen es zum gesuchtesten Material für die Federfabrikanten. Osmiridium wird weder von Säuren noch von Alkalien angegriffen; in Königswasser im compactem Zustande nur oberflächlich, im feinvertheilten Zustande aber völlig gelöst und beim Erhitzen in Luft oder Sauerstoff seines Osmiums durch Oxydation desselben zu flüchtigem Oxyde beraubt. Das reine Iridium ist weiß und stahlähnlich von Aussehen, in der Kälte spröde, in der Hitze (Weißgluth) aber etwas hämmerbar. Es nimmt zwar bei Rothgluth Sauerstoff auf, giebt denselben aber bei ungefähr 1000° wieder ab. Es ist wesentlich schwerer schmelzbar als Platin, wird aber durch Legirung mit Platin im Knallgasgebläse schmelzbar. Umgekehrt ertheilt es dem Platin wichtige Eigenschaften, macht es härter und dauerhafter und wird daher dem Platin beigemischt,

1) Chem. N. 51 (1885) p. 1. 19. 31.

aus dem man Normalmaße und -gewichte herstellt (1870 Deville und Debray). Das Iridium legirt sich nicht mit Gold, wie man häufig angenommen hat, weil beim Waschen der goldführenden Massen das Osmiridium in Folge des hohen specifischen Gewichtes beim Gold zurückbleibt. Wird es mit diesem verschmolzen, so bildet es im Golde unlegirte Klumpen und vermindert den Werth des Goldes sehr beträchtlich.

Was die Verwendung des Osmiridiums anlangt, so ist in erster Linie daran zu erinnern, daß dasselbe die sog. Diamantspitzen der Federfabrikanten bildet. Es werden einfach kleine Körner Osmiridium ausgesucht und an die Spitze der Feder angelöthet. Das Aussuchen geschieht in der Weise, daß man zuerst mit dem Magneten das magnetische Eisenoxyd aus dem Erze entfernt, alsdann das Erz zur Auflösung anderer Verunreinigungen mit Säuren behandelt und schließlich nach dem Waschen und Trocknen gesiebt wird. Der Rückstand wird vorsichtig mit dem Vergrößerungsglas untersucht, und was an festen compacten Osmiridiumstücken von richtiger Größe, Farbe und Form vorhanden ist, wird zu den drei Graden schmal, mittel und breit sortirt. Man löthet die Körnchen auf die Federn, sägt sie in zwei Schnäbel und schleift sie zur richtigen Form. Etwas anders werden die sog. Mackinnonfedern hergestellt. In allen Fällen müssen zuerst geeignete Osmiridiumkörner beschafft werden und diese sind selten, etwa 10% der Marktwaare. In Rußland kosten 10 g der Handelswaare 3,20 bis 9,20 M.; 10 g ausgewählte Waare kommen auf 150 M. zu stehen und enthalten 1000—2000 Körner. Eine gute Diamantspitze hält circa 20 Jahre unverändert.

So weit man direct die von der Natur gebotenen Osmiridiumstücke benutzt, ist man an ein sehr beschränktes Material gebunden, denn über 80% des Osmiridiums kommt in zu Federspitzen ungeeigneter Form vor. Könnte man diese 80% verschmelzen, so würden sie ein höchst werthvolles Material bilden, aber dieses Schmelzen ist mit großen Schwierigkeiten verbunden. Zwar hat die Firma Johnson, Matthey & Co. [1]) schon 1851 Iridiumlegirungen ausgestellt und wußte seit 1837 Iridium durch Phosphorzusatz zum Schmelzen zu bringen, hat auch

1) Chem. N. 51 (1885) p. 71.

1867 und 1878 in Paris reines Iridium ausgestellt. Erst den Bemühungen von J. Holland und von W. D. Dudley aber gelang es, das Schmelzen des Iridiums oder Osmiridiums in fabrikmäßiger Weise auszuführen. Ein Zufall führte zur Entdeckung des richtigen Weges. Ein Stück Osmiridium wurde in einem hessischen Tiegel zur Weißgluth erhitzt und alsdann ein Stück Phosphor eingeworfen. Nach dem Aufhören der Dampfentwickelung wurde der Tiegel ausgegossen und es zeigte sich nach dem Erstarren eine weiße, compacte, harte, nicht feilbare und säurebeständige Masse, die alle Eigenschaften des Osmiridiums besaß, nur wenig härter war (Härte = 9) und bei Weißgluth leicht schmolz. F. W. Clarke und O. T. Joslin[1]) haben Untersuchungen über dieses „geschmolzene Iridium" (fused iridium des Handels) angestellt, welche folgende Ergebnisse hatten. Das verwendete Osmiridium hatte D = 19,182 mit der Zusammensetzung: 15,38% Os und 84,62% Ir + Verunreinigungen; daraus erhaltenes geschmolzenes Iridium hatte D = 13,763 und enthielt in einem Falle außer Ir noch 7,52—7,74% P und eine Spur Os, in einem zweiten Falle 80,82% Ir, 6,95% Os, 7,09% P und 7,2 Ru + Rh. Das Verhältniß zwischen Ir und P scheint mithin ziemlich constant zu sein, und es ist daher anzunehmen, daß in dem geschmolzenen Iridium eine Verbindung Ir_2P Iridiumphosphid enthalten sei. Bemerkenswerth ist, daß mit dem Schmelzen unter Phosphorzusatz eine Gewichtszunahme des Osmiridiums um 7—10% und eine Dichteabnahme von 19,2 auf 13,8, also eine Volumenvermehrung, verbunden ist. Beides ist für ein so kostbares Metall, wie Iridium ist, von beträchtlicher ökonomischer Bedeutung. Soll das Phosphoiridium entphosphort werden, so bettet man es in einem hessischen Tiegel in Kalk und erhitzt zunächst in einem gewöhnlichen Ofen zur Weißgluth, bis keine Dämpfe mehr entweichen, alsdann in einem elektrischen Ofen bis zur Entfernung der letzten Spur von P. Das zurückbleibende Metall schmilzt nicht und scheint ein wenig porös zu sein, was jedoch seine Anwendbarkeit nicht schädigt. Zu bemerken ist, daß das Phosphoiridium in der Regel mehrfach geschmolzen werden muß, wenn es gute Güsse geben soll. Bei jeder Schmelzung geht

1) Chem. N. 48 (1883) p. 285.

etwas P fort, so daß schließlich ein unschmelzbares Metall resultiren würde, wenn nicht vorher gerade zur richtigen Zeit das Gießen geschähe. Die Tiegel zur Entphosphorung sind hessische Tiegel mit eingepaßtem falschem Boden aus einem Stück feuerfestem Thon, in dessen Vertiefung der Phosphoiridiumguß, der sorgfältig in trocknen gepulverten Kalk gepackt ist, eingeführt wird. Bei Kirschrothgluth verbindet sich der P mit dem Kalk zu einer schmutzig grünlichen, halb durchscheinenden Schlacke, welche durch eine Bohrung des Thoneinsatzes auf den Boden des hessischen Tiegels fließt. Die Entphosphorung wird nach dem Erkalten in neuen Tiegeln bei gesteigerten Temperaturen zu Ende geführt.

Das „geschmolzene Iridium" zeichnet sich weiter dadurch aus, daß es einige Legirungen von Wichtigkeit bildet. Die Kupferlegirung z. B. eignet sich besonders zu einem Lagermetall für Lagerflächen, die einem hohen Drucke ausgesetzt sind. Die Eisenlegirung besitzt die Eigenschaften des Phosphoiridiums in geschwächtem Maße; sie wird durch Säuren und Alkalien nicht verändert und ist außerordentlich hart. Erst von 50% Eisen an treten die Eigenschaften des Eisens mehr und mehr in den Vordergrund.

Was die mechanische Bearbeitung des zu Federspitzen bestimmten Phosphoiridiums anbetrifft, so ist in Kürze darüber folgendes zu berichten. Das geschmolzene Metall wird zwischen zwei Eisenplatten gegossen, die in solchem Abstande stehen, daß eine Iridiumplatte von gewünschter Dicke entsteht. Das Blech wird alsdann zur Beseitigung der Poren stark comprimirt. Die Iridiumbleche für die Mackinnonfedern sind ungefähr 0,8 mm stark. Sie werden in kleine unregelmäßige Stücke zerbrochen, welche einzeln auf Messingstücke gelöthet und mit einer kupfernen Schmirgelscheibe abgeschliffen werden. Alsdann bohrt man die Iridiumspitzen, löst das Messing durch Salpetersäure weg und löthet die unregelmäßig geformten Iridiumspitzen auf die Stahlfedern auf. Nun schleift man die Spitze in die richtige Form und sägt endlich mit Hülfe einer an ihrer Peripherie Diamantpulver tragenden kupfernen Scheibe den Spalt ein.

In Cincinnati wird durch Dudley auf elektrolytischem Wege Iridium abgeschieden. Die ältere Methode war die, in schwach saurer Lösung des Natriumiridiumchlorids als Kathode

die zu metallisirenden Gegenstände und als Anode entphosphortes geschmolzenes Iridium zu verwenden. Nach mancherlei Abänderung dieser Methode versteht man es jetzt, dichte, schön weiße und höchst politurfähige Iridiumüberzüge, besonders auf Kupfer zu erzeugen.

Im Allgemeinen sind die folgenden Verwendungen des Iridiums zu nennen: 1) Als Zieheisen für Messing-, Gold-, Silber-, Platin-, Kupfer- und sehr feinen Stahldraht. Es ersetzt für diese Zwecke das geschmolzene Iridium Stahl und Rubin. 2) Zu Schneiden für feine analytische Waagen, weil es geringere Reibung als Stahl besitzt, nicht magnetisch ist und durch Säuredämpfe nicht angegriffen wird. 3) Zu kleinen Bohrern für Juwelierarbeiten. 4) Zu telegraphischen Zwecken als Material für Contacte, in welchem Falle das Material entphosphort sein muß. 5) Zu Spitzen für allerlei Schreibstifte. 6) Als negative Elektrode in Bogenlampen (entphosphort). 7) Zu Löthrohrspitzen. 8) Zu Lagern für Uhren, Compasse ꝛc. 9) Zu chirurgischen Instrumenten. 10) Zu Schneidwerkzeugen. 11) Zu elektrolytisch erzeugten unzerstörbaren Ueberzügen; ꝛc.

Freilich sind die Preise ziemlich hoch; die amerikanische Iridiumgesellschaft in Cincinnati stellt den Preis von 10 g Phosphoiridium auf 28 Mk. 36 Pf.

Die Krystallform des Iridiums ist nach H. Debray [1]) die reguläre, und zwar krystallisirt Ir isomorph mit Os in Octaëdern. Man erhält dieselben, wenn man Iridium mit Schwefelkies verschmilzt und die Schmelze mit HCl auslaugt, als krystallinisches Pulver.

Organische Chemie.

Die Melasseentzuckerung.

Die Gewinnung des Zuckers aus der Melasse ist von höchster Wichtigkeit, denn 12—15% des gesammten Zuckers der Rübe gehen in die Melasse. Die Melasse enthält etwa 15% Wasser, 35% Nichtzuckerstoffe und 50% Rohrzucker. Letzterer kann wegen der Gegenwart der Nichtzuckerstoffe, welche bei Rübenzuckermelasse auch einen schlechten Geschmack erzeugen, nicht zum Krystallisiren gebracht werden. Es giebt nun eine

1) Compt. rend. 95 (1882) p. 878.

ganze Reihe von Methoden, welche die Gewinnung des Rohrzuckers der Melasse bezwecken. Das älteste Verfahren ist das Osmoseverfahren, bei welchem die Trennung von Nichtzucker- (Colloïd-)stoffen und Zucker (Krystalloïd) durch Dialyse mit Pergamentpapier &c. bewirkt wurde. Die Osmose wurde verdrängt durch das Verfahren, bei welchem der Zucker als unlösliches Saccharat abgeschieden und das Saccharat mit Spiritus ausgewaschen wurde (Elution), wobei nur der Zucker ungelöst bleibt. Neuere Verfahren, die sämmtlich wie das Elutionsverfahren von der Fällung eines Saccharats ausgehen, sind das Substitutionsverfahren, das Strontianverfahren &c. Wenn wir nun auch keineswegs die verschiedenen Methoden ausführlich in ihren Einzelheiten besprechen können, so sei es doch versucht, einen kurzen Ueberblick über dieselben zu geben, wozu uns mehrere Abhandlungen aus neuerer Zeit die Unterlagen gewähren. Von Besprechung des Osmoseverfahrens sehen wir hierbei ab.

Dubrunfaut[1]) ist der Erste, der auf die Eigenschaft des Rohrzuckers, mit alkalischen Erden, speciell mit Baryt, beim Siedepunkt der Flüssigkeit ein unlösliches Saccharat zu bilden, eine Methode zur Zuckergewinnung begründete. Das gebildete Baryumsaccharat besaß die Zusammensetzung $C_{12}H_{22}O_{11}BaO$. Man fügt der bis 100° erhitzten Melasse siedendes Barytwasser von 30—32° B zu und zwar in einem Verhältnisse, daß auf 1 Mol. $C_{12}H_{22}O_{11}$ etwa 1,25—1,50 Mol. BaO kommt. Das ausgefallene Saccharat wird mit siedendem Wasser ausgewaschen und hierauf durch Kohlensäure zersetzt; kohlensaurer Baryt fällt aus und ein wenig gefärbter Syrup bleibt zurück, den man entfärbt und zur Krystallisation eindampft. Gewöhnlich erhält man auf diese Weise 80% des in der Melasse enthaltenen Zuckers.

An und für sich könnte es nun scheinen, als sei wohl zweifellos Strontian oder Kalk des billigeren Preises halber dem Baryt bei vorliegendem Verfahren vorzuziehen. Das ist aber ein Irrthum. Versetzt man nämlich drei gleiche Portionen derselben Zuckerlösung je mit äquivalenten Mengen Baryt, Strontian und Kalk, so fällt im ersten Falle ein Mono-, im zweiten ein Bi- und im dritten ein Trisaccharat aus, nämlich $C_{12}H_{22}O_{11}$,

1) M. Gerber, Bull. Par. 40 (1883) p. 28. 112.

BaO; $C_{12}H_{22}O_{11}$, 2SrO; $C_{12}H_{22}O_{11}$, CaO. Dem entsprechend wird im ersten Falle aller Zucker, im zweiten die Hälfte und im dritten nur das Drittel des Gesammtzuckers gefällt werden, oder aber man muß auf dieselbe Zuckermenge 3 Aequivalente Kalk, 2 Strontian und 1 Baryt rechnen. Außerdem liegen speciell für Kalk die Löslichkeitsverhältnisse viel ungünstiger, der Zucker wird unreiner, als bei Verwendung von Baryt. Trotzdem sind Kalk und Strontian, besonders in Deutschland sehr vielfach verwendet worden und werden noch benutzt. Hauptsächlich ist da des Strontianverfahrens zu gedenken, denn SrO ist viel löslicher als CaO und kann daher ziemlich bequem in den zur völligen Zuckerfällung nöthigen Mengen zugesetzt werden. Schon 1850 hatte Dubrunfaut die Verwendung des Strontians vorgeschlagen. 1863 hatte Stammer gezeigt, daß der mit Strontian gefällte Zucker viel reiner ist, als der mit Kalk gewonnene. 1866 nahm Jünemann ein Patent auf ein Strontianverfahren, welches vollständig dem Barytverfahren nachgebildet war. Das erste praktisch bewährte Strontianverfahren rührt aber von Scheibler her (D. R.-P. 15385 v. 24. Juli 80). Als Apparat dient ein großes Faß mit einer Dampfschlange am Boden und Rührvorrichtung. Es wird darin eine Lösung von 10—13% SrO + $8H_2O$ zum Sieden erhitzt und dann durch Zusatz von Strontianhydrat bis auf 20—25% angereichert. Man verstärkt den Dampfzutritt setzt das Rührwerk in Gang und giebt die Hälfte der Melasse zu, während man im weiteren Verlaufe mehr und mehr Strontianhydrat und Melasse einträgt. Ist der Gehalt der Flüssigkeit wieder 12—14% SrO + $8H_2O$ geworden, so ist die Fällung beendet, denn auf je 1 Mol. $C_{12}H_{22}O_{11}$ sind 3 Mol. SrO zugesetzt. Fast kein Zucker befindet sich mehr in Lösung. Das Sacharat hat sich schnell abgesetzt und läßt sich völlig von der Flüssigkeit trennen. Es wird abgesaugt und das Filtrat in Krystallisirgefäße gebracht, wo sich der Ueberschuß an gelöstem Strontianhydrat wieder ausscheidet. Der Filterrückstand wird mit 10% tiger Strontianlösung ausgewaschen und das Waschwasser, welches 2—7% Zucker löst, zu einer späteren Operation wieder verwendet. Das Saccharat kommt in den Kühler, wo es bei 10—12° im Maximum unter dem Einflusse der niedrigen Temperatur und des Wassers sich zerlegt in eine Strontianzuckerlösung und krystallisirtes Stron-

tiumhydroxyd, letzteres etwa die Hälfte der gesammten im Saccharat enthaltenen Zuckermenge. Ist die Zersetzung beendet, so trennt man die Krystalle von der Mutterlauge und unterwirft letztere der ersten Saturation. Das Saturationsgefäß ist wieder ein Faß mit Rührwerk und Dampfschlange, trägt aber außerdem im oberen Theile eine Dampfschlange mit Löchern und ein Abzugsrohr für die Kohlensäure. Man erhitzt die Mutterlauge auf 60° und leitet nun Kohlensäure ein bis der Alkaligehalt auf 0,04SrO gesunken ist. Jetzt läßt man aufkochen und filtrirt. Im Rückstand bleibt Strontiumcarbonat; das Filtrat gelangt zur zweiten Saturation, bei welcher die letzten Reste von Strontian in Carbonat umgewandelt werden müssen. Hierauf muß wieder gekocht werden, um die Bicarbonatbildung zu vereiteln. Der jetzt erhaltene Zuckersaft wird dann wie gewöhnlich concentrirt und zur Krystallisation gebracht. Die zur Saturation nöthige Kohlensäure entstammt den Strontianitbrennöfen, in denen auch das gefällte Strontiumcarbonat wieder gebrannt wird. Der wichtigste Punkt bei diesem Verfahren ist die Zerlegung des Saccharats, welches in der Hitze gefällt wurde, durch kaltes Wasser in Strontianhydrat und weniger basisches lösliches Saccharat. Nur 1 Aequivalent von den drei verwendeten Aequivalenten Strontian muß als nachher wieder zu caustificirendes Strontiumcarbonat gefällt werden. In Wahrheit wird also nur 1SrO gebraucht; es ist aber SrO = 103,5 und BaO = 153, mithin Strontian vortheilhafter. Ferner läßt sich $BaCO_3$ erst bei 1000—1200°, dagegen $SrCO_3$ schon bei 800° brennen. Im Laufe des Jahres 1882 ist das Scheibler'sche Verfahren mehrfach verbessert worden (D. R.-P. 19339 v. 14. Febr. und 22000 v. 29. April), theils in Bezug auf die Apparate, theils in Bezug auf die Operationen. Die Zersetzung des Bistrontiumsaccharats soll in Gegenstromapparaten durch methodisches Waschen mit kaltem Wasser geschehen, nachdem man es zu compacten Massen gepreßt hat. So bleibt nur ⅔SrO pro. Mol. Zucker gebunden. Löst man ferner in einer 20—25 procentigen Zuckerlösung bei 70—75° eine äquivalente Menge Strontian, filtrirt und läßt erkalten, so scheidet sich kein Saccharat aus, obwohl die Flüssigkeit mit Monostrontiumzucker übersättigt ist. Wirft man einige Kryställchen $Sr(OH)_2 + 8H_2O$ ein, so krystallisirt eben dieses Hydrat aus;

bei Zusatz von etwas Monosaccharat dagegen scheidet sich dieses ab ($C_{12}H_{22}O_{11}SrO + nH_2O$). Diese Abscheidung findet aus concentrirter Lösung in warzenförmigen Massen, aus verdünnter in Form eines feinen Pulvers statt. Letzteres enthält nach dem Trocknen $5H_2O$. Uebrigens scheidet sich auch bei fortwährendem Bewegen das Saccharat aus, nur schwieriger. Das Monosaccharat, welches man auf diese Weise erhalten hat, ist reiner als das Bisaccharat. Es löst sich in 15—20 Thl. Wasser, daher die Ausscheidung keine vollständige ist; deshalb wird aus der Mutterlauge des Monostrontiumzuckers durch Zusatz der nöthigen Menge Strontian beim Sieden das Bisaccharat gefällt. Dieses reinigt man nicht erst, sondern verwendet es direct zur Fällung einer neuen Portion Melasse. Das Monosaccharat wird entweder in Wasser suspendirt und durch Kohlensäure zersetzt oder in andrer Weise für den Proceß selbst nutzbar gemacht. Diese neuere Methode (Monostrontiumverfahren) hat verschiedene Vorzüge vor dem älteren Bistrontiumverfahren.[1])

In anderer Weise arbeitet Closson (Engl. P. 1470 v. 4. Apr. 81). Die Melassen werden zunächst nach dem Kalkverfahren bearbeitet, so daß etwa 1/3 des Zuckers als zweibasisches Saccharat ausfällt. Um den Rest des Zuckers zu gewinnen, setzt man Kalk und Baryumchlorid zu. Beim Siedepunkt bildet sich Monobaryumzucker (unlöslich) und Chlorcalcium (löslich). Fast alles Baryum aus dem $BaCl_2$ findet sich in dem Saccharat wieder; dieses wird saturirt und das gebildete Baryumcarbonat mit Salzsäure in Chlorbaryum zurück verwandelt. Hierdurch wird das Brennen des Carbonats vermieden. In ähnlicher Weise läßt sich Chlorstrontium verwenden. Freilich wird auch dieser Proceß nur da mit Nutzen angewendet werden können, wo Strontianit oder Witherit billig zu erlangen ist. Wohl gewinnt man theoretisch alles Strontium- oder Baryumoxyd zurück; praktisch findet aber ein Verlust von 10—15% der alkalischen Erde statt. Diese Uebelstände fallen nicht ins Gewicht oder sind gar nicht vorhanden, wenn man sich statt des Baryts oder Strontians oder statt des gemischten Verfahrens von Closson lediglich der Saccharatfällung mit Kalk

---

1) Ueber Strontiumverfahren von Scheibler siehe auch Chemiker-Ztg. 9 (1885) S. 561. 656. 794. 811. 893.

bedient. Die Schwierigkeiten, welche derselben entgegenstehen, scheinen neuerdings beseitigt zu sein. Die folgenden Anwendungsweisen des Kalks sind zu erwähnen.

Das Substitutionsverfahren von C. Steffen beruht auf längst bekannten Thatsachen. Man sättigt die verdünnte Melasse mit Kalk und erhitzt alsdann bis zum Sieden, wobei sich Trikalksaccharat abscheidet. Dabei kann man aber nur 1/3 des Gesammtkalks fällen. Zur Mutterlauge fügt man soviel Melasse, daß der ursprüngliche Zuckergehalt wiederhergestellt ist (Substitution), und setzt nun abermals Kalk zu und erhitzt. In dieser Weise fährt man fort bis die Flüssigkeit so reich an fremden Produkten geworden ist, daß es nicht mehr möglich ist, sie auf Zucker zu verarbeiten. Ein zweites Verfahren von C. Steffen ist das Ausscheidungsverfahren. Wenn man gebrannten fein gepulverten Kalk mit einer Zuckerlösung vermischt, so löst sich derselbe ohne bemerkbare Temperaturerhöhung. Trägt man in verdünnte Melasse bei möglichst niedriger Temperatur und unter stetem Umrühren Kalkmilch ein, so entsteht eine Lösung von Monocalciumzucker ($C_{12}H_{22}O_{11}$, CaO). Fügt man zu dieser Lösung fein vertheiltes Mehl von gebranntem Kalk, so bildet sich schon in der Kälte Trikalksacharat ($C_{12}H_{22}O_{11}$, 3CaO), welches sich nicht löst, sondern vielmehr mit einem kleinen Kalküberschuß ausscheidet. Zwei derartige Operationen genügen zur völligen Entzuckerung und der so erhaltene Zuckerkalk ist eben so rein wie der Strontianzucker. Die Methode ist so vorzüglich, daß sie wahrscheinlich direct auf Zuckersäfte angewendet werden kann.

Endlich ist des Essigsäureverfahrens von A. Wernicke (D. R.-P. 20595 v. 15. Apr. 82) zu gedenken. Essigsäure hat die Eigenthümlichkeit, keinen Zucker, wohl aber alle Beimischungen der Melasse zu lösen. Die Melassen sollen daher bei 45—50° B und 70° C mit 98 procentiger Essigsäure (1 bis 1 1/2 Thl.) versetzt werden. Der durch Erkälten auskrystallisirte Rohrzucker wird ausgeschleudert und alsdann getrocknet, wobei man für Rückgewinnung des Lösungsmittels sorgt; letzteres wird aus den Rückständen abdestillirt und über $CaCl_2$ getrocknet. Diese Methode, wie die anderen Verfahren, welche kostspielige Lösungsmittel verwenden, dürften nur geringe technische Bedeutung haben.

Einer zweiten umfänglichen Abhandlung über Melassenverarbeitung [1]) entnehmen wir folgende zum Theil nachträgliche Mittheilungen. Was zunächst das Monostrontiumverfahren von C. Scheibler (siehe S. 389) betrifft, so hat dasselbe eine kleine Abänderung erfahren (D. R.-P. Zusatz. 26597 v. 15. Apr. 83). Die Mutterlauge des Monostrontiumzuckers soll nämlich nicht mehr auf Bistrontiumzucker verarbeitet, sondern mit soviel Strontian und Melasse bei 70° versetzt werden, als zur Bildung des einbasischen Saccharats nöthig ist. Man kühlt ab und trägt etwas Monosaccharat ein, worauf Abscheidung erfolgt. In solcher Weise läßt sich die Mutterlauge des Monosaccharats 6 bis 8 mal benutzen; alsdann enthält sie nur noch 3—4% Zucker, aber soviel Nichtzuckerstoffe, daß sie nur noch auf Strontian, Kalisalze und Ammoniak, nicht aber mehr auf Zucker verarbeitet werden kann. Zum Steffen'schen Ausscheidungsverfahren (D. R.-P. 25376 v. 2. Febr.; 26923 v. 25. März; 26925 v. 3. Mai 83 d. Braunschweigischen Maschinenbauanstalt) sind folgende nachträgliche Bemerkungen zu machen. Die Melasse muß auf 6—12% Zuckergehalt verdünnt und unter 35° mit 30—100% vom Zuckergehalt an Kalkmehl versetzt, alsdann ausgepreßt und nochmals unter 35° mit 65% vom Zuckergehalt an Kalkmehl vermischt werden, worauf die Fällung erfolgt. In der Zuckerfabrik Sarstedt werden Melassen aller Art nach dem Steffen'schen Verfahren mit Erfolg verarbeitet; der Zuckergehalt von 7% hat sich hier am Besten bewährt.

Ueber das sogenannte Fällungsverfahren berichtet R. Stutzer. Dasselbe beruht auf Bildung von Zuckerkalk aus alkoholischer Melasselösung. Es werden 1500—1800 kg gebrannter Kalk pro 5000 kg Melasse in einer Löschmaschine mit 5000 Lit. Spiritus von 35—40° Tr (0,96 bis 0,95 spec. G.) so abgelöscht, daß der Spiritusdampf in einem Rückflußkühler wieder verdichtet wird. In einem mit Rührwerk versehenen Mischer werden die gewonnene alkoholische Kalkmilch und 5000 Lit. etwa 80 procentiger Spiritus zugelassen. Das fertige Gemenge geht durch eine Kühlschlange und wieder zurück in den Mischer, bis die Temperatur von 20° unterschritten ist. Nun gelangen

1) Dingl. p. J. 253 (1884) S. 421. 519. Auch Chem. Ind. 7 (1884) S. 161 und E. O. v. Lippmann, Chemik.-Ztg. 7 (1883) S. 1377.

die 5000 kg Melasse hinzu, wobei die Temperatur um 5—6° steigt, daher man wieder kühlen muß. Durch den Kalk, den Alkohol und die Kühlung wird fast aller Zucker abgeschieden, so daß die Mutterlauge höchstens noch 1 % Zucker enthält. Jetzt wird die ganze Masse auf die Fällungspressen gepumpt, die Mutterlauge abgepreßt, der Zuckerkalk mit Halblauge, dann mit Spiritus ausgewaschen, abgenutscht und schließlich durch Dampf verflüssigt, wodurch die letzten Spiritusreste entfernt werden. Die weitere Behandlung des Zuckerkalks ist die gewöhnliche.

Auf die Verwendbarkeit von Dolomit bei der Melasseentzuckerung weist L. Harperath hin. In einer gesättigten Lösung von zweibasischem Zuckerkalk oder von Zuckerkalkmagnesia erzeugt gebrannter Dolomit einen in Wasser unlöslichen Niederschlag von Kalkmagnesiasaccharat der Zusammensetzung $x\,[C_{12}H_{22}O_{11}, 3CaO, 2H_2O] + y\,[C_{12}H_{22}O_{11}, 2MgO, 2H_2O]$. Wird das frisch bereitete Saccharat mit Zuckerlösung behandelt, so entsteht ein Niederschlag der Hydroxyde von Calcium und Magnesium und eine Lösung des einbasischen Kalkmagnesiasaccharats. Dabei ist zu beachten, daß das formulirte Saccharat auch entsteht, wenn gebrannter Dolomit zur concentrirten Melasse gegeben wird, und daß seine Erzeugung nicht von niedriger Temperatur abhängt. Diese beiden Punkte unterscheiden die Methode vom Ausscheidungsverfahren. Das gefällte Saccharat wird durch heiße 6—10 procentige Zuckerlösung in angeführter Weise zerlegt und die so gewonnene Monocalciummagnesiumzuckerlösung mit Kohlensäure saturirt.

Aus der großen Fülle einzelner Mittheilungen über Melasseentzuckerung seien schließlich noch die folgenden wenigen hervorgehoben. W. Gundermann (D. R.-P. 17919 v. 13. März 81)[1]) vermischt die Melasse mit dem 1 1/2 bis 2fachen Quantum Spiritus, setzt alsdann 3—6 % einer concentrirten Chlorcalciumlösung und etwas Aetzkalk zu und filtrirt den Saccharatniederschlag ab. Der Aetzkalk hat den Zweck bei der nun folgenden Saturation mit Kohlensäure die Bildung von löslichem Bicarbonat zu verhindern. Die entkalkte Zuckerlösung scheidet beim Eindampfen im Vacuum vor dem Zucker große

1) Chem. Ind. 5 (1882) S. 153.

Mengen von Chlornatrium und Chlorkalium aus. — J. E. Boivin und M. D. Loiseau (D. R.-P. 26427 v. 30. Juni 83)[1]) wollen den Zucker als „kohlensaures Zuckerkalkhydrat" abscheiden, eine Verbindung aus ungefähr 48 Thl. Zucker, 39 Thl. Kalk und 18 Thl. Kohlensäure. Man stellt ein Gemisch aus Kalk und verdünnter Melasse von 12—15° B her, kühlt auf 20—25° ab und behandelt bei fortgesetzter Kühlung in einem Apparate mit Rührwerk lange Zeit mit Kohlensäure. Die Masse verdickt sich so sehr, daß sie schließlich in einen zweiten Apparat gebracht werden muß, in welchem sie beständig geknetet wird. Der fertige kohlensaure Zuckerkalk wird mit Kalkwasser, worin er unlöslich ist, ausgewaschen und mit Kohlensäure saturirt. — Ein neues Melasseentzuckerungsverfahren rührt von F. Schmalbein und W. Wolters her.[2]) Gebrannter Kalk (CaO) liefert nämlich andere, kalkreichere Saccharate, als gelöschter Kalk (CaO_2H_2). Durch ganz hydratfreien Kalk kann man das Tetrakalksaccharat erzeugen, welches ganz unlöslich ist und sich zur Gewinnung des Zuckers aus allen zuckerhaltigen Säften eignet. Hydratfreien Kalk erhält man durch Brennen bei Gelbgluth; der Kalk wird alsdann schwer löschbar, so daß er sich leichter mit Zucker, als mit Wasser verbindet. Der Kalk wird grob zerkleinert zur Melasse gegeben und alsdann mit dieser ganz innig vermischt. Auf diese Weise wird vermieden, daß der Kalk beim Pulvern sich theilweise löscht. Freilich wird von andrer Seite, von E. v. Lippmann nämlich, die Existenz eines Tetrakalksaccharats gänzlich in Abrede gestellt. — Endlich ist zu erwähnen, daß P. Degener die Eigenschaften der Kalksaccharate[3]) genau studirt hat. Es ergaben sich die folgenden Thatsachen. Dreibasisches Kalksaccharat fällt nur aus mit Kalk gesättigter Lösung aus. Die Zuckerkalklösung läßt mit verschiedenen Wassermengen versetzt Saccharate von verschiedener Zusammensetzung ausfallen. Große Mengen von Chloriden der Alkalien und Erdalkalien erschweren die Fällung von Zuckerkalk; geringe Mengen sind nie hinderlich, ja bei gesättigten Lösungen sogar nöthig. Zuckerüberschuß wirkt förderlich für die Kalk-, aber höchst nachtheilig auf die Zuckerausscheidung. $CaCl_2$

1) Chem. Ind. 7 (1884) S. 202.
2) Biedermanns Jahrb. 5 (1884) S. 253; — 6 (1885) S. 254.
3) Dingl. p. J. 247 (1883) S. 256.

und $SrCl_2$ hindern die Zuckerausscheidung oder die Bildung mehrbasischer Saccharate ganz besonders stark, und zwar um somehr, je mehr die Lösung mit Kalk gesättigt ist. Auf die höchst interessante, aber sehr umfängliche Abhandlung desselben Autors über Zuckergewinnung aus Melasse durch Kalk [1]) kann hier nur hinhingewiesen werden.

Stärke.

Bereits W. Nägeli hielt $C_{36}H_{62}O_{31}$ für die richtige Formel der Stärke. Seiner Ansicht schließt sich R. Sachße an. Darnach wäre die Stärke vielleicht als ein Hydrat (mit $12H_2O$?) aufzufassen. F. Salomon [2]) untersuchte die Reisstärke, gelangte aber zu der Ueberzeugung von der Richtigkeit einer anderen Formel. Der bei der Behandlung der Reisstärke mit Schwefelsäure gebildete Zucker ist zweifellos Traubenzucker. Wußte man nun die Menge des aus einer bestimmten Quantität Stärke gebildeten Zuckers, so ließ sich hieraus leicht auf die Zusammensetzung der Stärke schließen. Wurde diese Untersuchung mit Hülfe der Sachße'schen Methode und nach der Allihn'schen Zuckerbestimmung ausgeführt, so ergab sich für Reisstärke die Formel $C_{18}H_{32}O_{16}$. Ging man dagegen von dem specifischen Gewichte und dem optischen Verhalten der aus Reisstärke gewonnenen Zuckerlösung aus, so erhielt man die Formel $C_6H_{10}O_5$. Letztere sieht der Verfasser als die richtige an, wie er bereits früher [3]) für Kartoffelstärke diese Formel gefunden hatte. L. Schulze [4]) stellte Versuche mit Weizenstärke an. Das verwendete Versuchsmaterial besaß folgende Zusammensetzung: 20,143 % Wasser, 0,061 % Asche, 1,100 unlöslicher Rückstand, 78,696 % reine Stärke. Mithin waren 127,07 g der lufttrocknen Weizenstärke gleich 100 g absolut reiner Stärke. Zunächst wurde nun die Stärke mit Salzsäure verzuckert und der Traubenzucker nach dem Allihn'schen Verfahren bestimmt. Aus 100 Thl. reiner Stärke entstanden fast genau 111,11 Thl. Traubenzucker; mithin ist die Verzuckerung nach der Gleichung $C_6H_{10}O_5 + H_2O = C_6H_{12}O_6$ verlaufen.

---

1) Dingl. p. J. 251 (1884) S. 313. 373. 415.
2) Journ. f. prakt. Chem. (N. F.) 26 (1882) S. 324.
3) Ebenda 25 S. 348.
4) Ebenda 28 (1883) S. 311.

Weiter wurde das specifische Gewicht der erhaltenen Traubenzuckerlösung bestimmt. 25 g reiner Stärke ergaben eine Traubenzuckerlösung mit D = 1,0424 und 11,14 g Traubenzucker pro 100 ccm Lösung. Für die Formel $C_6H_{10}O_5$ würde sich D = 1,0423 und ein Gehalt von 11,11 g berechnen, was mit den Versuchsresultaten übereinstimmt. Die Polarisation der Traubenzuckerlösung führte ebenfalls auf die Formel $C_6H_{10}O_5$. Die elementaranalytische Zusammensetzung endlich erwies sich ebenfalls als besser mit dieser Formel stimmend als mit der Formel $C_{36}H_{62}O_{31}$. Aus alledem folgt, daß auch für die Weizenstärke $C_6H_{10}O_5$ die richtige Formel sein dürfte. Während man bisher die Stärkeformel gewöhnlich $(C_6H_{10}O_5)_x$ schrieb, ist man also jetzt berechtigt, x = 1 zu setzen und die einfache Formel $C_6H_{10}O_5$ als richtig anzusehen.

Nach Märcker[1]) besitzt vollständig trockne gute Kartoffel- und Weizenstärke folgende Zusammensetzung:

	Kartoffelstärke	Weizenstärke
Stärkemehl	98,98 %	97,65 %
Mineralsubstanz	0,40	0,28
Eiweißstoffe	0,28	0,38
Stärkehüllen	0,34	1,69
	100,00	100,00

Die Stärke des Handels enthält noch bis zu 18 % Wasser, und die schlechteren Stärkesorten sind weit reicher an Eiweiß und Stärkehüllen, als die beiden hier angeführten Proben.

F. Salomon hat ausführliche Untersuchungen über Stärke und ihre Verwandlungen durch Säuren[2]) angestellt. Bei dieser Gelegenheit mußten die Erkennungszeichen der verwendeten und entstehenden Substanzen controlirt, bezüglich festgestellt werden. Für Stärke, Dextrose und Maltose sind genügende Erkennungs- und Bestimmungsmittel vorhanden, für Dextrin und „lösliche Stärke" fehlen aber noch einige Merkmale. Von den angeführten Eigenschaften der genannten Kohlehydrate seien hier nur diejenigen der Stärke und der löslichen Stärke erwähnt. Um Stärke zu bestimmen, muß man den Wassergehalt oder die Trockensubstanz und den Aschengehalt

1) Chemiker Ztg. 4 (1880) S. 652.
2) Journ. f. prakt. Chem. (N. F.) 28 (1883) S. 82.

ermitteln. Die Trocknung geschah bei 120°; es enthielten Kartoffelstärke 23%, Reisstärke 17,6% und Weizenstärke 20,1% Wasser im Mittel. Die Zusammensetzung der Kartoffelstärke ergab sich zu 76,400 reiner Stärke, 0,247% unlöslicher Rückstand, 0,273% Asche und 22,980% Wasser. Weiter muß der in verdünnten Säuren unlösliche Theil der Stärke bestimmt und die Stärke durch verdünnte Säuren (HCl) in Zucker umgewandelt, letzterer aber quantitativ ermittelt werden. Die lösliche Stärke erhält man, indem man Kartoffelstärke mit 5 Gewichtsprocent Schwefelsäure und mit Wasser anrührt, die Flüssigkeit längere Zeit im Sieden erhält, alsdann mit $BaCO_3$ neutralisirt, filtrirt, das Filtrat concentrirt und hierauf mit Alkohol ausfällt. Der Niederschlag wird wieder in Wasser gelöst, die Lösung zu Syrupsconsistenz concentrirt und erkältet. Es scheiden sich feine weiße Körnchen ab, die mit kaltem Wasser, dann mit Alkohol, zuletzt mit Aether gewaschen und hierauf bei 105° getrocknet werden. Die lösliche Stärke löst sich in heißem Wasser zu einer klaren dünnen Flüssigkeit, welche Lösung nach dem Eindampfen eine spröde durchsichtige Masse hinterläßt. Alkohol erzeugt in der Lösung eine bleibende Trübung, schließlich eine Fällung, welche bei unvorsichtigem Alkoholzusatz schleimig und fadenziehend ist. Die Lösung der reinen löslichen Stärke giebt mit Jodlösung eine tief blaue klare Flüssigkeit; auf Fehling'sche Lösung wirkt die lösliche Stärke nach der Allihn'schen Methode nicht ein. Ihre Lösung ist rechts drehend. Zu diesen Angaben bemerkt F. Musculus,[2] daß es falsch ist, zu sagen, lösliche Stärke besitze auf Fehling'sche Lösung kein Reductionsvermögen; vielmehr reduciren 100 Thl. lösliche Stärke in concentrirter Lösung so viel wie 6 Thl. Traubenzucker. Ferner hat Salomon keine Rücksicht darauf genommen, daß es zwei Arten von löslicher Stärke giebt: die krystallisirte, von der er allein spricht, und die amorphe, die allerdings Fehling'sche Lösung nicht reducirt, aber in kaltem Wasser löslich ist. Die Ergebnisse, welche Salomon beim Behandeln der Stärke mit Säuren erhielt, sind nun in Kürze die folgenden. Die Verzuckerung der Stärke durch verdünnte Schwefelsäure ist nicht als Spaltung des Moleküls in Zucker

1) Journ. f. prakt. Chem. (N. F.) 28 (1883) S. 496.

und Dextrin aufzufassen, sondern beruht auf einer gradweisen Umwandlung. Wahrscheinlich besteht das Stärkemolekül aus einem Polymeren der Formel $C_6H_{10}O_5$ (siehe dagegen oben die gegentheilige Ansicht anderer Autoren); durch Schwefelsäure entsteht zunächst die einfacher constituirte lösliche Stärke, alsdann das noch einfacher zusammengesetzte Dextrin. Das Dextrin nimmt Wasser auf und verwandelt sich so in Zucker. Alle diese Umwandlungen vollziehen sich aber so rasch, daß sie sich kaum von einander unterscheiden lassen. Die Zuckerbildung hängt innig zusammen mit der Zeitdauer und der Concentration der Säure. Die doppelte Säuremenge erzeugt in derselben Zeit die doppelte Zuckermenge. Die Schwefelsäure bindet sich dabei vorübergehend an's Dextrin und spaltet sich wieder ab, sobald letzteres in Zucker umgewandelt ist. Nach dieser Anschauung wäre der Verzuckerungsproceß von Stärke dem Processe der Aetherification sehr ähnlich (Zuckerschwefelsäure — Aetherschwefelsäure). Doch kann man auch von dieser Vorstellung absehen, da ja der Verzuckerungsproceß gewissermaßen nichts anderes ist, als ein langsamer Verbrennungsproceß unter Verlust von Energie. Gegen die Ansicht, daß Stärke $(C_6H_{10}O_5)_x$ sich in ein Molekül Dextrin ohne Spaltung umwandle, wendet sich übrigens F. Musculus als gegen eine unverständliche Behauptung. Weiter stellt F. Salomon fest, daß, nachdem die Stärke in lösliche Stärke, dann in Dextrin verwandelt worden ist, sofort Dextrose entsteht, während die Bildung von Maltose ausgeschlossen bleibt. Die Verzuckerung der Stärke durch organische Säuren verläuft genau in demselben Sinne, nur wirken organische Säuren bedeutend schwächer. Speciell über die Einwirkung der Essigsäure auf Stärke hat L. Schulze in seiner schon angeführten Abhandlung berichtet. Durch 4 stündige Einwirkung von Essigsäure auf Stärke wird letztere fast ausschließlich in Dextrin verwandelt, dem lediglich Spuren von Traubenzucker beigemischt sind. Erst die fortgesetzte Einwirkung der Essigsäure auf das Dextrin bewirkt die vollständige Umwandlung des letzteren in Traubenzucker.

Ueber die Structur des Stärkekorns, besonders wie sie sich beim Erhitzen zeigt, berichtet S. Schubert.[1] Das

1) Dingl. p. J. 255 (1885) S. 211.

Hervortreten der Schichtungen im Stärkekorn ist nur durch das verschiedene physikalische und chemische Verhalten der einzelnen Schichten zu erklären. Das tritt namentlich beim Erhitzen hervor, denn die verschiedenen Schichten verändern sich dadurch in ungleicher Weise. Zuerst werden die an Granulose (eigentlichen Amylum) reichen Schichten in lösliche Stärke und Dextrin umgewandelt, während die Cellulose oder die an Cellulose reichen Schichten unverändert bleiben. Bringt man das erhitzte Korn in Wasser, so werden die umgewandelten Schichten aufgelöst, worauf sich die Veränderung des Korns besonders scharf zeigt; der Rest des Korns zeigt im Umfange keine wesentliche Wandlung, ist aber blauviolett geworden, enthält kein Dextrin mehr und nur Reste von Granulose. Wird das ausgelaugte erhitzte Korn fortgesetzt mit frischen Wassermengen behandelt, so wird es rothviolett, dann roth, röthlich und nach einigen Tagen braungelb. Die letzten Antheile von Granulose sind jetzt herausgelöst, das Korn hat an Gewicht, nicht aber an Volumen verloren. Dieses ausgelaugte Korn besteht fast nur aus Cellulose; doch enthält es noch geringe Mengen eines dextrinartigen Stärkeumwandlungsprodukts, vielleicht von zurückgehaltenem Erythrodextrin. — B. Bruckner[2]) kommt bei seinen Untersuchungen über das Stärkekorn zu der Ansicht, daß Amidulin und Granulose identisch sind, nämlich ein mit kaltem Wasser ausziehbarer, durch Jod gebläuter Bestandtheil des Stärkekorns. Auch Amylodextrin ist dasselbe wie Amidulin, und Erythrogranulose ist nichts andres als mit Erythrodextrin vermischte Stärke.

1) Wiener Sitzungsber. 1883, Nov.

Nekrolog

für das Jahr 1884.

John Aitken, engl. Geolog, geboren 1820, starb im August in Urmston.

Siegfried Aronhold, lange Zeit Prof. der Mathematik an der technischen Hochschule zu Berlin, starb 13. März.

Eugenio Balbi, Professor der Geographie an der Universität Pavia, geb. 6. Februar 1812 in Florenz, starb 18. October.

John Hutton Balfour, Prof. der Medicin und Botanik an der Universität Edinburg, geb. daselbst 15. September 1808, starb 11. Febr.

Jean Auguste Barral, Herausgeber von Aragos Werken, Gründer und Redacteur des Journal de l'Agriculture, seit 1871 beständiger Secretär der französischen Société nationale d'Agriculture, geb. 30. Jan. 1819 zu Metz, starb 10. September zu Fontenay sur Bois bei Paris.

Ernst Behm, geographischer Schriftsteller, in der geographischen Anstalt von Perthes in Gotha an den Geographischen Mittheilungen, dem Geographischen Jahrbuch ꝛc. thätig, geb. 4. Jan. 1830 in Gotha, starb daselbst 15. März.

George Bentham, berühmter englischer Botaniker, geb. 1800 zu Slothe bei Plymouth, starb 10. September.

Heinrich Berghaus, verdienter Kartograph und geographischer Schriftsteller, 1824—55 Professor der angewandten Mathematik an der Bauakademie in Berlin, geb. 3. Mai 1797 zu Cleve, starb 17. Febr. in Stettin.

Aron Bernstein, durch seine „Naturwissenschaftlichen Volksbücher" bekannter populärer Schriftsteller, Erfinder eines Systems der Duppler-Telegraphie ꝛc., geb. 1812 in Danzig, starb 12. Februar zu Lichterfelde bei Berlin.

John Birmingham, durch seine Arbeiten über die rothen Sterne bekannter Besitzer einer Privatsternwarte zu Milbrook bei Tuam in Irland, starb daselbst 7. September im 68. Jahr.

Heinrich Bodinus, Zoolog, der 1859 den zoologischen Garten zu Köln anlegte, seit 1869 Director des zoologischen Gartens in Berlin, geb. 1814 zu Drewelow bei Anklam, starb 23. November.

Georg v. Boguslawski, Sectionsvorstand im hydrographischen Amt der kaiserlichen Marine, Redacteur der „Nachrichten für Seefahrer“, und der „Annalen der Hydrographie“, Verfasser eines Werkes über „Oceanographie“ (Stuttg. 1884), geb. 7. December 1827 in Groß-Rake bei Breslau, starb 4. Mai in Berlin.

Eugène Bourdon, durch seine Metall-Manometer und Barometer bekannter Feinmechaniker, geb. 8. April 1808 in Paris, starb daselbst 29. September.

Pierre Hippolyte Boutigny, durch seine Arbeiten über den sphäroidalen Zustand bekannter Naturforscher, geb. 16. Mai 1798 zu Colleville bei Harfleur, 1823—41 Apotheker in Evreux, später in England als praktischer Chemiker lebend, starb 17. März in Evreux.

Alfred Brehm, Zoolog und Forschungsreisender, besonders bekannt durch sein „Leben der Thiere“, geb. 2. Februar 1829 in Renthendorf bei Neustadt a. d. Orla, starb daselbst 13. November.

Gustav Bridel, Eisenbahn-Ingenieur, 1864—74 mit der Juragewässer-Correction in der Schweiz, dann mit Leitung des Baues der Berner Jura-Bahnen beschäftigt, seit 1878 Oberingenieur der Gotthardbahn, starb in Bern 3. December.

Adolf v. Brüning, technischer Chemiker, geb. 1837 zu Ronsdorf im Reg.-Bez. Düsseldorf, seit 1862 in der Anilinfarbenfabrik von Meister und Lucius in Höchst a. M. thätig, später Theilhaber daran, starb 21. April in Frankfurt a. M.

Rev. Charles Clouston, seit 1826 Pfarrer in Stromneß, fleißiger meteorologischer Beobachter (seit 1822) und meteorologischer Schriftsteller, starb 10. November 84 Jahr alt.

Julius Cohnheim, Prof. der Pathologie und pathologischen Anatomie 1868 in Kiel, 1872 in Breslau, seit 1876 in Leipzig, Wiederentdecker der 1848 von dem Engländer Waller aufgestellten, aber dann vergessenen Entzündungslehre, starb 15. August in Leipzig.

Pierre Adolphe Daguin, seit 1847 Prof. der Physik und später der Astronomie an der Facultät zu Toulouse, Verfasser eines trefflichen „Traité de physique“ (4 Bde. 1856—59, 4. Aufl. 1878), geb. 4. Aug. 1814, starb 20. November in Toulouse.

Jean Baptiste Dumas, geb. 14. Juli 1800 zu Alais (Dep. Gard), seit 1823 als Repetent der Chemie an der Polytechnischen Schule in Paris, dann als Professor am Athénée, später an der Sorbonne, seit 1832 Mitglied und seit 1868 beständiger Secretär der Akademie der Wissenschaften, starb 11. April in Paris. Dumas' Hauptarbeiten beziehen sich auf die organische Chemie, in theoretischer Beziehung sind besonders seine Arbeiten über die Substitutionen epochemachend gewesen.

George Engelmann, amerikanischer Botaniker und Arzt, starb 72 Jahr alt in St. Louis am 11. Februar.

Wilhelm Freiherr v. Engerth, hervorragender österreichischer Eisenbahn-Techniker, 1855—79 Centraldirector des Betriebs der österreichischen Staatsbahn, besonders bekannt durch seine schweren Berglocomotiven, geb. 26. Mai 1814 zu Pleß in Pr.-Schlesien, starb 4. Mai in Lensdorf bei Baden (Oesterreich.)

Leopold Joseph Fitzinger, Zoolog, geb. 13. April 1802, seit

1884 Custos des zoologischen Hofcabinets, starb 22. Sept. in Hietzing.

J. Girardin, Chemiker, der sich namentlich mit den Anwendungen der Wissenschaft auf Landwirthschaft und Industrie beschäftigt hat, starb 30. Mai zu Rouen in seinem 81. Jahr als Ehren-Director der dortigen höheren wissenschaftlichen Schule.

R. A. C. Godwin-Austen, früher lange Zeit einer der thätigsten Geologen Englands, starb 25. November in Shalford House, Guildford.

Heinrich Robert Göppert, berühmter Botaniker und Paläontolog, geb. 25. Juli 1800 zu Sprottau in Niederschlesien, seit 1827 an der Universität Breslau als Privatdocent, Professor und Director des botanischen Gartens thätig, starb 18. Mai.

Wilhelm Gonnermann, Kryptogamenforscher, der mit Rabenhorst die „Mycologia europaea“ herausgab, geb. 1806 zu Bauhaus in Hessen, 1846—77 Apotheker in Neustadt bei Coburg, starb in Coburg 28. September.

Richard Großmann, Prof. der Mechanik an der technischen Hochschule zu Berlin, geb. 11. Juni 1823 zu Wüstegiersdorf in Schlesien, starb 4. Juni.

Arnold Henry Guyot, durch seine Studien über Gletscher und erratische Blöcke in den Alpen bekannter Geolog und Geograph, geb. 28. September 1807 in Neuchatel, seit 1848 in den Ver. Staaten lebend, wo er das meteorologische Beobachtungs-System für die Smithsonian Institution einrichtete, starb als Prof. der physischen Geographie in Princeton, New-Jersey.

Franz Xaver v. Haindl, langjähriger Vorstand des bayerischen Hauptmünzamtes in München, geb. 28. März 1807 in München, starb daselbst 10. März.

Gotthilf Heinrich Ludwig Hagen, verdienstvoller theoretischer und praktischer Hydrotechniker, geb. 3. März 1797 zu Königsberg i. P., 1825—75 als Bautechniker, zuletzt als Oberlandesbaudirector im preußischen Staatsdienst, seit 1842 Mitglied der Berliner Akademie der Wissenschaften, starb 3. Februar in Berlin.

Ferdinand v. Hochstetter, Geolog und Reisender, bekannt durch seine Theilnahme an der Novara-Expedition, geb. 30. April 1829 zu Eßlingen, seit 1854 an der k. k. geologischen Reichsanstalt thätig, seit 1860 Professor für Mineralogie und Geologie am k. k. polytechnischen Institut, starb 18. Juli.

Niels Henrik Cordulus Hoffmeyer, geb. 3. Juni 1836 in Kopenhagen, ursprünglich Artillerie-Offizier, seit 1872 Director des Meteorologischen Instituts in Kopenhagen, starb 16. Februar.

Hans Hübner, Professor der Chemie an der Universität Göttingen, starb daselbst 13. Juli im 51. Lebensjahr.

Philipp v. Jolly, hervorragender Physiker, bekannt durch seine Bestimmung der mittleren Dichte der Erde mittels der von ihm verbesserten analytischen Wage, geb. 26. September 1809 zu Mannheim, 1834—54 an der Universität Heidelberg, seitdem in München Professor der Physik, starb 24. December.

Ernst Friedrich Wilhelm Klinkerfues, geb. 29. März

1827 zu Hofgeismar in Hessen, anfangs Vermessungs-Ingenieur an der Eisenbahn, seit 1855 Observator an der Göttinger Sternwarte, später Director derselben, starb 28. Januar.

Friedrich Klocke, Professor der Mineralogie und Petrographie an der Universität Marburg, starb daselbst 17. Juni im Alter von 37 Jahren.

Adolf Wilh. Herm. Kolbe, geb. 27. September 1818 zu Eliehausen bei Göttingen, 1852 in Marburg und 1865 in Leipzig Prof. der Chemie, ein Hauptförderer der organischen Chemie, bekannt durch seine Erfindung der Darstellung der Salicylsäure, starb 25. Novbr.

Marian Kowalski, Astronom, geb. 15. (3) August 1821 zu Dobrzyn in Polen, seit 1852 Director der Sternwarte in Kasan, starb daselbst am 9. Juni (28. Mai).

Henry Lartigue, Elektriker, dem die Einführung des Telephons in den meisten größeren Städten Frankreichs zu verdanken, seit 1859 mit dem Telegraphenwesen der französischen Nordbahn betraut, seit 1880 Director der Allgemeinen Telephon-Gesellschaft, starb im November.

Charles Manby, Ingenieur, der die erste Marine-Dampfmaschine mit oscillirenden Cylindern und den ersten eisernen Seedampfer baute, geb. 4. Februar 1804, starb Anfang August.

Charles Watkins Merrifield, englischer Mathematiker, besonders um Anwendung der Wissenschaft auf Schiffsbau verdient, geb. 1828 in Brightou, starb 1. Januar in Hove.

C. W. Moësta, Astronom, geb. 21. August 1825 zu Zierenberg bei Cassel, 1850 an der Landesvermessung von Chile betheiligt, 1852 bis 1865 Director der neu erbauten Sternwarte in Santjago, seitdem in Dresden lebend, starb 2. April.

François Napoléon Marie Moigno, auf den Gebieten der Mathematik, Physik und Linguistik ausgezeichneter französischer Gelehrter und Schriftsteller, geb. 20. April 1804 zu Guéméné (Morbihan), starb 13. Juli.

Théodose Achille Louis, Graf du Moncel, französischer Akademiker, auf dem Gebiete der Elektricitätslehre als Schriftsteller und als Erfinder thätig, geb. 6. März 1821, starb 12. Febr. in Paris.

Johann Gottfried Gottlieb Mühlig, Entomolog, geb. 29. Januar 1812 im Sächsischen, seit 1828 in Frankfurt lebend, seit 1850 als Verwalter der v. Guaita'schen Stiftung, starb 11. April.

Heinrich Naumann, Professor der Psychiatrie an der Universität Breslau, geb. daselbst 17. Januar 1814, starb 10. October.

Joseph Anton Maximilian Perty, Zoolog, Bearbeiter der Insektensammlung der Spix- und Martius'schen Reise in Brasilien, 1833—1875 Prof. an der Universität Bern, geb. 17. September 1804 zu Ohrnbau in Franken, starb 8. August in Bern.

Reinhold v. Plänckner, geb. 18. Juli 1820, erst in coburggothaischem, dann in preußischem Militärdienst, durch Hansen in die astronomische Praxis eingeführt (1859), später bei Reduction der Helsingfors-Gothaer Zonenbeobachtungen thätig, starb als pens. Oberst 10. Juni in Gotha.

Paul Pogge, geb. 24. December 1838 zu Ziersdorf in Meck-

lenburg, seit 1864 wiederholt als Forschungsreisender in Afrika thätig starb 17. März in Loando.

Henry Baden Pritchard, englischer Schriftsteller über Photographie, starb im Mai.

Jean Antoine Quet, auf dem Gebiet der mathematischen Physik thätiger Gelehrter, geb. 18. October 1810 in Nimes, seit 1833 Prof. der Physik in Grenoble, Versailles und Paris, seit 1864 Rector der Akademie zu Besançon, starb Ende November.

Justus Radius, der Senior der Leipziger medicinischen Facultät, der er seit 1822 angehörte, starb 7. März im 87. Lebensjahr.

Eduard Rüppel, der Nestor der deutschen Afrikareisenden, geb. 20. November 1794 zu Frankfurt a. M., starb daselbst 10. December.

Sir Sidney Saunders, Entomolog, besonders bekannt durch Untersuchung der Stylopiden (Bienen-Parasiten), lange Zeit britischer Consul in verschiedenen Mittelmeerhäfen, starb 15. April.

Heinrich Schellen, vormals Director der Realschule in Cöln, als naturwissenschaftlicher Schriftsteller bekannt, geb. 30. März 1818 zu Kevelaer, starb 3. September.

J. C. Schiödte, dänischer Entomolog, starb 69 Jahr alt im Juni.

Johann Friedrich Julius Schmidt, Astronom, besonders durch seine Arbeiten über den Mond hoch verdient, geb. 26. October 1825 zu Eutin, seit 1858 Director der Sternwarte zu Athen, starb 20. Februar.

Hugo Schober, Professor der praktischen Geometrie und Geodäsie am Polytechnicum in Stuttgart, starb daselbst 11. April im 48. Lebensjahr.

Friedrich Schödler, Realschuldirector in Mainz, durch sein „Buch der Natur" in weiten Kreisen bekannt, geb. 25. Februar 1813 in Dieburg, starb 27. April.

Paul Schumacher, durch ethnologische und archäologische Forschungen an der pacifischen Küste Nordamerikas bekannt, geborner Deutsch-Ungar, starb im Januar in Guaymas in Mexico.

Quintino Sella, hervorragender Mineralog und Geolog, Präsident der regenerirten Accademia dei Lincei, auch längere Zeit italienischer Finanzminister, geb. 1830 in Biella, starb daselbst 15. März.

Robert Angus Smith, hervorragender englischer Vertreter der angewandten Chemie, der sich um die Versorgung der Städte mit frischer Luft und reinem Wasser besondere Verdienste erworben, geb. 15. Februar 1817 bei Glasgow, starb 12. Mai zu Glynwood.

Paul Thénard, Mitglied der Pariser Akademie, auf dem Gebiete der Agriculturchemie vielfach thätig, geb. 1810, starb 18. August auf dem Schlosse Talmay (Côte d'Or).

August Wilhelm Thienemann, Ornitholog, Vorsitzender des deutschen Vereins für Vogelschutz, starb 5. November zu Langenberg, 54 Jahr alt.

Allen Thomson, geb. 2. April 1809 in Edinburg, 1839—41 Professor der Anatomie in Aberdeen, dann bis 1847 Professor der Physiologie in Edinburg, hierauf bis 1877 Professor der Anatomie in Glasgow, hervorragender Embryolog, starb 21. März in London.

Isaac Todhunter, Verfasser geschätzter Lehrbücher aus verschiedenen Gebieten der niederen und höheren Mathematik, geb. 1820, starb 1. März in Cambridge (England) wo er an der Universität lehrte.

Alfred Tylor, englischer Geolog, der sich auch um Förderung des gewerblichen Unterrichts bedeutende Verdienste erworben hat, starb 31. December.

Karl v. Vierordt, geb. 1. Juli 1818 zu Lahr (Baden), 1841 Arzt in Karlsruhe, seit 1849 an der Universität Tübingen, seit 1855 als Professor der Physiologie thätig, Begründer der Sphygmographie, Schöpfer der quantitativen Spectralanalyse, in den letzten Jahren mit Schallstärke-Bestimmungen beschäftigt, starb 22. November.

Augustus Völcker, geborner Deutscher aus Frankfurt a. M., früh in England lebend und folgeweis Assistent des Chemikers Johnston in Edinburg, Professor der Chemie am Kgl. Ackerbau-Colleg in Cirencester und dann bei der Kgl. Ackerbau-Gesellschaft von England, starb 5. December in Kensington im 62. Jahr.

Henry Watts, englischer Chemiker von sehr ausgebreiteter literarischer Thätigkeit, lange Zeit Herausgeber des Journals der englischen chemischen Gesellschaft, Verfasser eines Wörterbuchs der Chemie in 5 Bänden &c., geb. 20. Januar 1815 in London, starb 30. Juni.

Wilhelm v. Wittich, Professor der Physiologie in Königsberg, starb 22. November im 64. Lebensjahr.

Thomas Wright, Arzt in Cheltenham, der sich um Erforschung der fossilen Echinodermen in der Secundärformation Englands große Verdienste erwarb, starb 17. November.

Karl Adolf Würtz, geb. 26. November 1817 in Straßburg, seit 1845 in Paris lebend, zuletzt als Professor der organischen Chemie an der Facultät der Wissenschaften (seit 1875) und Mitglied der Akademie (seit 1865), einer der Hauptvertreter der neueren theoretischen Chemie, starb 12. Mai.

Hermann v. Zeißl, einer der bedeutendsten Vertreter der Dermatologie, Professor an der Universität Wien, starb 23. September in der Hinterbrühl.
